

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN GÉNIE INDUSTRIEL (CONCENTRATION SÉCURITÉ
ET HYGIÈNE INDUSTRIELLES)

PAR
AUDREY TELLIER

ÉTUDE DE FAISABILITÉ D'UN PROGRAMME D'AUTOSURVEILLANCE
BASÉ SUR L'ASTREINTE THERMIQUE POUR DES ADOLESCENTS
ENGRANGEANT DU FOIN

JUIN 2005

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

RÉSUMÉ

Plusieurs étudiants travaillent à engranger du foin lorsque l'été arrive. Ce travail est fait dans une ambiance chaude, est très exigeant physiquement et les jeunes ne sont généralement pas acclimatés à la chaleur lors des premiers jours de travail. L'indice WBGT, la norme ISO7933 et plusieurs autres indices qui permettent d'évaluer le travail en ambiance chaude ont été développés pour des adultes; ils pourraient donc ne pas être appropriés pour la surveillance d'adolescents. Ce rapport a donc pour but de présenter les résultats d'une recherche qui a été faite en vue de déterminer la faisabilité d'un programme d'autosurveillance basé sur l'astreinte thermique pour des adolescents engrangeant du foin.

Une revue de la littérature a permis de définir une méthodologie de recherche appropriée. Afin de valider si les limites de fréquence cardiaque de récupération proposées pour des adultes étaient applicables pour des jeunes âgés entre 16 et 18 ans, sept adolescents affectés à l'engrangement du foin ont été observés sur un total de 20 quarts de travail durant l'été 2003. Trois paramètres de l'astreinte thermique ont été évalués: la fréquence cardiaque, les pertes hydriques par évaporation et la température sub-linguale. Les MTA limites (« Moving Time Average ») ont de plus été corrigés selon l'âge des sujets et les mesures requises par la méthode de Brouha ont été enregistrées lors de chaque quart de travail afin de confronter les différentes limites de l'astreinte thermique sur la base de leurs dépassements. Les valeurs du WBGT ont varié entre 21,3 et 31,1°C. La température sub-linguale et la masse de chaque sujet ayant été enregistrées au début et à la fin de chaque quart de travail, il était possible de vérifier leur variation. La masse était enregistrée afin de déterminer les pertes de masses dues à la sudation, à la respiration et à la miction. Aucune augmentation significative de la température sub-linguale n'a été observée et les pertes hydriques ne dépassaient pas la limite de 3% de la masse corporelle proposée par

proposée par ISO7933 (Malchaire, 2000). Par contre, l'astreinte cardiaque a dépassé les limites recommandées lors de plusieurs quarts de travail. La fréquence cardiaque moyenne pour des fenêtres de temps de 5 à 90 min excédait les limites recommandées corrigées pour l'âge.

L'élévation des températures corporelles n'est pas à craindre sous les conditions observées et une absorption suffisante de breuvages permet d'éviter la déshydratation. La fréquence cardiaque étant la composante de l'astreinte thermique la plus précoce, sa surveillance est à privilégier. La méthode de Brouha serait un bon outil de diagnostic puisque les limites dictées par cette méthode sont dépassées chaque fois que les autres limites de fréquence cardiaque le sont et que l'enregistrement des mesures requises par Brouha ne requiert qu'une montre. Par contre, il reste à s'assurer que celle-ci n'est pas trop prudente.

L'engrangement du foin dans les conditions observées pose un problème certain d'astreinte thermique cardiaque. Des recommandations ont donc été formulées à l'effet de privilégier la rémunération à l'heure plutôt qu'à forfait ainsi que la ventilation du bâtiment et des zones de travail. Finalement, une étude plus vaste qui engloberait l'ensemble des facteurs, techniques et personnels serait souhaitable.

REMERCIEMENTS

Le travail suivant a été rendu possible grâce à la collaboration de différentes personnes. Je voudrais donc remercier mon directeur de maîtrise, monsieur Pierre C. Dessureault, ing.f. PhD, pour l'aide et l'assistance reçues tout au cours de la réalisation de ce travail et pour le soutien qu'il m'a apporté. Je voudrais aussi remercier messieurs Luc Schreiber, ing. et Michel Cabanac, MD d'avoir bien voulu donner leurs commentaires et suggestions pour le présent rapport ainsi que les producteurs agricoles et sujets qui ont bien voulu collaborer à l'étude.

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
RÉSUMÉ	i
REMERCIEMENTS.....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES ACRONYMES.....	ix
LISTE DES SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS.....	x
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRES	
1 : LA PROBLÉMATIQUE, LES OBJECTIFS ET LES HYPOTHÈSES	2
1.1 La problématique.	2
1.2 L’objectif de l’étude	4
1.3 Les hypothèses	5
2 : LA REVUE DE LITTÉRATURE.....	6
2.1 La contrainte thermique.....	6
2.1.1 Les paramètres personnels.....	6
2.1.2 Les paramètres climatiques	7
2.1.3 L’indice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature).....	10
2.2 L’astreinte thermique	11
2.2.1 La fréquence cardiaque.....	11
2.2.2 La température corporelle	18
2.2.3 Les pertes hydriques (hydratation/sudation).....	21
2.3 La contrainte et l’astreinte thermique dans le contexte étudié.....	23
2.3.1 La contrainte thermique, l’astreinte thermique et l’âge....	23
2.3.2 La contrainte et l’astreinte thermiques et l’agriculture.....	24

3 : LA MÉTHODOLOGIE	26
3.1 Analyse précédant l'expérimentation.....	26
3.1.1 Calcul des MTA limites pour des sujets de 16 à 18 ans ...	26
3.1.2 MTA limites basés sur des mesures en laboratoire pour des sujets de 16 a 18 ans	28
3.1.3 Comparaison des MTA limites calculés et ceux basés sur des mesures en laboratoire	30
3.2 Sur les fermes.....	32
3.2.1 Les sujets.....	32
3.2.2 Les fermes.....	33
3.2.3 Le travail.....	34
3.2.4 Les instructions données aux sujets.....	36
3.2.5 Évaluation des paramètres liés à la contrainte thermique..	37
3.2.6 Les variables de l'astreinte thermique.....	38
3.2.7 Le déroulement de la journée.....	40
4 : LES RÉSULTATS	42
4.1 Les données personnelles calculées.....	42
4.2 La contrainte thermique	43
4.3 L'astreinte thermique.....	44
4.3.1 La fréquence cardiaque.....	44
4.3.2 Les résultats de température corporelle.....	48
4.3.3 Les résultats de pertes hydriques.....	50
5 : LA DISCUSSION.....	53
5.1 La contrainte thermique.....	53
5.2 L'astreinte thermique.....	54
5.2.1 La fréquence cardiaque	54
5.2.2 La température corporelle.....	62
5.2.3 La sudation.....	62
5.3 La discussion générale.....	65
5.3.1 La littérature et le contexte étudié.....	65
5.3.2 L'extension à d'autres secteurs.....	65
5.3.3 La surveillance médicale prévue par la réglementation....	66
5.3.4 L'éducation et l'utilisation du programme.....	67
5.3.5 Les études à venir.....	67

CONCLUSION.....	68
RECOMMANDATIONS.....	70
BIBLIOGRAPHIE.....	71
ANNEXES	
A : Résultats et graphiques obtenus lors d'essais en laboratoire sur ergocycle pour valider les limites MTA recalculées selon l'âge.....	79
B : Fiches d'informations personnelles des sujets.....	90
C : Fiches techniques des instruments utilisés.....	111
D : Liste de matériel.....	135
E : Table d'isolation thermique unitaire de pièces de vêtements	136
F : Tableaux résumés des conditions environnementales pour les jours de prises de données.....	137
G : Tableaux synthèse des résultats portant sur la fréquence cardiaque.....	145
H : Tableau synthèse des résultats portant sur la température sub-linguale et la sudation.....	147
I : Registres par sujet du bilan de volumes bus et urinés	149
J : Registre des activités exécutées et enregistrements de fréquence cardiaque par sujet pour chaque quart de travail.....	169

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux

I :	MTA Limites recalculés pour des sujets de 16 à 18 ans.....	27
II :	Synthèse des valeurs minimales et maximales des données de contrainte thermique).....	43
III :	Synthèse des résultats portant sur la fréquence cardiaque (voir annexe F).....	44
IV :	Synthèse des résultats portant sur la température sub-linguale et la sudation	49

LISTE DES FIGURES

Figures

1 :	Valeurs de fréquences cardiaques maximales selon deux équations (Dessureault et Doucet, 2001).....	14
2 :	Graphique type de la consommation d'oxygène en fonction de la fréquence cardiaque.....	15
3 :	Graphique du temps d'endurance en fonction de la consommation d'oxygène maximale	16
4 :	Les MTA limites (« Moving-Time Average Windows ») déterminées pour différentes fenêtres de temps par Bernard et Kenney (1994).....	17
5 :	Graphique de la fréquence cardiaque en fonction des MTA limites recalculés selon l'âge et ceux basés sur des mesures en laboratoire pour des sujets de 16 à 18 ans.....	30
6 :	Travail extérieur lors de l'engrangement du foin	35
7 :	Travail intérieur lors de l'engrangement du foin	35
8 :	Personne portant un cardiotachymètre Polar.....	38
9 :	Photo du récepteur du cardiotachymètre Polar S610i	39
10 :	Enregistrement typique de la fréquence cardiaque lors d'un quart de travail d'engrangement de foin (sujet 2, le 14 août 2003).....	56

LISTE DES ACRONYMES

ACGIH = “*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*”

CLSC = Centre Local de Services Communautaires

CSST = Commission de la Santé et de la Sécurité du travail

ISO = “*International Organization for Standardization*”

MTA = “*Moving-Time Average Windows*”

NIOSH = “*National Institute for Occupational Safety and Health*”

P4SR = “*Predicted 4 Hours Sweat Rate*” (indice de sudation pour quatre heures)

RSST = Règlement sur la Santé et la Sécurité du travail

WGT = “*Wet Globe Temperature*”

WBGT = “*Wet Bulb Globe Temperature*”

WHO = “*World Health Organization*”

LISTE DES SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS

Δt = durée du quart de travail

ΔT = différence de température ($^{\circ}\text{C}$)

$^{\circ}\text{C}$ = Degré Celsius

A_d = Surface corporelle du sujet en m^2

bpm = battements par minute

D = Déficit Hydrique en pourcentage de la masse du sujet (%)

ET = temps d'endurance en minutes I_{clo} Isolation vestimentaire de pièces de vêtements

FC = Fréquence cardiaque (bpm)

FC_{\max} = Fréquence cardiaque maximale (bpm)

FC_{moy} = Fréquence cardiaque moyenne (bpm)

FC_{plaf} = Fréquence cardiaque plafond (bpm)

FC_{repos} = La fréquence cardiaque du sujet (bpm)

FC_{therm} = fréquence cardiaque d'origine thermique (bpm)

h = taille du sujet en cm

I_{cl} = Isolation thermique d'ensemble vestimentaire

I_{clu} = Isolation thermique vestimentaire unitaire de pièces de vêtements

M = Masse du sujet en kg

m_{final} = Masse du sujet à la fin du quart de travail (kg)

m_{initial} = Masse du sujet au début du quart de travail (kg)

min = minute

$m_{\text{nourriture}}$ = Masse de la nourriture pris durant le quart (kg)

P = Pertes hydriques en pourcentage de la masse du sujet (%)

SW = taux de sudation (g/h)

T_a = température de l'air

T_{initiale} = Température initiale ($^{\circ}\text{C}$)

T_g = Température globe

T_{hm} = Température humide

T_{finale} = Température finale ($^{\circ}\text{C}$)

V_{bu} = Volume de liquides bu (ml)

$V_{\text{uriné}}$ = Volume uriné (ml)

$V_{\text{eau perdu}}$ = Volume d'eau perdu par sudation et respiration (l)

$V_{\text{eau perdu/surface}}$ = volumes d'eau perdu par sudation et respiration par surface corporelle

$\dot{V} O_2$ = Consommation d'oxygène

$\dot{V} O_{2\text{max}}$ = Consommation d'oxygène maximale

INTRODUCTION

Chaque été, plusieurs adolescents se font un peu « d'argent de poche » en engrangeant du foin. L'engrangement du foin se doit d'être fait alors que le foin est sec. Ceci se produit souvent en période de canicules, ce qui ajoute à la chaleur métabolique dégagée par l'individu qui effectue un travail très exigeant physiquement. Ayant passé l'année scolaire à l'école, ils ne sont généralement pas acclimatés à la chaleur lors des premiers jours de travail, mais font tout de même ce dur travail dans des conditions de contrainte thermique. L'objectif de ce rapport est donc de présenter les résultats de la recherche qui a été effectuée sur la faisabilité d'un programme de surveillance de l'astreinte thermique chez des adolescents engrangeant du foin. La problématique, les objectifs de la recherche, les hypothèses, la revue de la littérature sur le sujet et la méthodologie seront d'abord présentés. Ensuite, les résultats et la discussion sur ceux-ci seront présentés, ainsi que les recommandations qui en découlent.

Les données furent recueillies lors de l'été 2003 chez deux producteurs agricoles de la région de la Mauricie. Sept sujets ont été observés sur 20 quarts de travail répartis sur deux coupes de foin (fin juin et mi-août). Malgré ce nombre limité d'observations, les données permettent de bien circonscrire la problématique et de dégager des tendances claires.

Le projet fut élaboré dans le cadre d'un mémoire du programme de maîtrise en génie industriel, concentration sécurité et hygiène industrielles.

CHAPITRE 1

LA PROBLÉMATIQUE, LES OBJECTIFS ET LES HYPOTHÈSES

1.1 La problématique

Plusieurs jeunes de moins de 20 ans travaillent à engranger le foin lorsque l'été arrive. Ce travail est dur puisqu'il est fait dans une ambiance chaude, qu'il est exigeant physiquement et que les jeunes, qui ont passé la majorité de l'année à l'école, ne sont pas acclimatés à un tel travail lorsqu'ils débutent celui-ci. De plus, ceux-ci sont souvent portés à vouloir se dépasser sans respecter leurs limites physiologiques. Ceci est d'autant plus vrai lorsqu'ils sont rémunérés au rendement, selon le nombre de charges de foin qu'ils entrent dans la journée.

Poitras (2003) souligne qu'en 2001, il y a eu, au Canada, 57 décès et 62 854 blessures chez les jeunes de 15 à 24 ans, particulièrement chez les jeunes hommes. C'est dans la vente au détail, l'hôtellerie, la construction et l'agriculture que la majorité des décès chez les jeunes se sont produits (Poitras, 2003). Bien que le Québec soit une région à climat tempéré, huit décès par coup de chaleur y sont survenus dans les domaines de la foresterie, de l'agriculture, de la construction et chez les paysagistes depuis 1993 (Charbonneau, 2003).

Au Québec, la réglementation sur le travail en ambiance chaude est basée sur l'indice WBGT (« Wet Bulb Globe Temperature »). Or, il est difficilement applicable au travail étudié ici puisque son champ d'application se limite à des travailleurs acclimatés, qui travaillent selon un horaire de huit heures par jour. De plus, cet indice est déduit d'une relation empirique extraite d'études où tous les sujets étaient adultes (Héroux-Bertiaume et Blouin, 2001).

Une autre particularité des travailleurs du secteur de l'agriculture est qu'ils sont dispersés sur le territoire. Il est donc impossible de les rejoindre en temps opportun, même en y consacrant l'ensemble des ressources compétentes dans ce domaine dont disposent la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) et les Centres locaux de services communautaires (CLSC). Il devient donc nécessaire pour eux de disposer d'un programme de surveillance qui puisse être pris en main par les producteurs agricoles.

L'évolution de l'instrumentation fait en sorte qu'il est aujourd'hui plus facile de mesurer certains paramètres de l'astreinte thermique, soit la réponse physiologique de la personne exposée, que de mesurer la contrainte thermique, qui dépend de l'ambiance thermique, de la charge de travail et des vêtements. Or, la mesure d'indices de contrainte thermique, tels que le WBGT, vise à limiter l'astreinte des travailleurs exposés à des limites acceptables. La surveillance de l'astreinte a l'avantage de mesurer directement la réponse physiologique et d'ainsi fournir un portrait de l'état du travailleur. Par contre, il fournit l'information sur l'état d'une seule personne à la fois. Une majorité de personnes doit donc se l'approprier. Un programme qui permette à un grand nombre de travailleurs de mesurer et d'interpréter eux-mêmes leur niveau d'astreinte, sans instrument, paraît donc souhaitable (Dessureault et Schreiber, 1997).

L'instrumentation requise pour mesurer le WBGT est coûteuse et peu d'agriculteurs la possèdent. De plus, rien n'est encore défini pour les cas où l'indice WBGT ne s'applique pas. Toutefois, l'évaluation de l'astreinte thermique est utilisée dans plusieurs de ces cas (Héroux-Berthiaume et Blouin, 2001). La surveillance physiologique n'est pas encore définie dans la réglementation québécoise contrairement aux mesures de la contrainte thermique. Pourtant, la surveillance de la fréquence cardiaque de récupération lors de travaux en ambiance chaude se fait depuis fort longtemps (Brouha, 1960, Vogt et Metz, 1981). Cette méthode a par contre été testée surtout en laboratoire et très peu sur le terrain (Meyer, Martinet et Payot, 2000).

1.2 Les objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette étude est donc de déterminer la faisabilité d'un programme d'autosurveillance de l'astreinte thermique pour des adolescents engrangeant du foin.

Pour ce faire, il faut vérifier quelle fonction réagit le plus tôt: la réaction cardiaque, l'augmentation de la température corporelle ou les pertes hydriques. Il faut explorer différentes méthodes de surveillance de ces astreintes afin de vérifier laquelle serait la plus facilement interprétable et applicable pour les jeunes et sécuritaire pour chacun malgré les différences inter-individuelles. Pour ce faire, différents paramètres ont été mesurés : le pourcentage atteint de la fréquence cardiaque maximale, la fréquence cardiaque plafond obtenue, le dépassement des MTA (« Moving Time Average) limites, le dépassement des limites dictées par la méthode de Brouha, la différence de température corporelle entre le début et la fin du quart de travail, le volume de sueur perdue par surface corporelle, le débit sudoral moyen lors de l'exécution de la tâche et le pourcentage de la masse du sujet associé aux déficits et aux pertes hydriques. Ils ont ensuite été comparés aux limites proposées par : OMS, ISO, Vogt et Metz, Bernard et Kenney et Brouha afin de déterminer laquelle ou lesquelles se prêteraient mieux à cette autosurveillance. Pour Bernard et Kenney, il a fallu vérifier l'effet de l'âge et déterminer de nouvelles limites pour le groupe d'âge visé.

Un objectif secondaire est de vérifier qu'il est possible d'extrapoler aux âges 16 à 18 ans les limites proposées par Bernard et Kenney (1994) de fréquences cardiaques moyennes pour des fenêtres de temps de 5 à 90 min établies pour des sujets entre 21 et 65 ans et leur assurer le même niveau de sécurité.

1.3 Les hypothèses

La présente étude vise à vérifier trois hypothèses :

La première suppose que les MTA limites (« Moving Time Average ») proposés par Bernard et Kenney (1994) pour des sujets entre 21 et 65 ans peuvent être extrapolés pour les 16 à 20 ans.

La deuxième étant que les limites confrontées s'appliquent aux jeunes âgés de 16 à 18 ans.

La troisième suppose qu'il est possible de déterminer un ou deux paramètres indicateurs de l'astreinte thermique qui permettent de protéger les travailleurs. Si ces paramètres sont à l'intérieur de certaines limites, l'ensemble des réactions physiologiques seront aussi à l'intérieur de limites acceptables.

CHAPITRE 2

LA REVUE DE LITTÉRATURE

2.1 La contrainte thermique

La contrainte thermique est : « la charge nette totale imposée au corps par l'environnement et par la production interne métabolique de chaleur ». (Dessureault, 2002). Les paramètres de la contrainte thermique peuvent être séparés en deux grandes catégories soit : les paramètres personnels et ceux liés à l'ambiance climatique (Muller et Hettinger, 1995).

2.1.1 Les paramètres personnels

Les paramètres personnels comprennent l'isolation thermique de la tenue vestimentaire, la dépense énergétique et le temps d'exposition à un environnement donné (Meyer et al., 2001).

L'isolation vestimentaire peut être déterminée en utilisant des tables qui indiquent l'isolation de différentes pièces de vêtement. La somme de celles-ci donne l'isolation vestimentaire totale pour un habillement donné (Mairiaux et Malchaire, 1990). Le temps d'exposition est facilement obtenu et des tables permettent d'obtenir la dépense énergétique.

2.1.2 Les paramètres climatiques

Quatre paramètres définissent l'environnement thermique soit : la température de l'air, la vitesse de l'air, l'humidité et le rayonnement infrarouge (Dessureault et Doucet, 2001). Pour comprendre la façon dont interviennent ces paramètres sur le corps, il faut comprendre les quatre modes d'échange de chaleur avec l'environnement.

2.1.2.1 Les modes d'échange de chaleur avec l'environnement

La conduction est le transfert de chaleur entre deux solides du plus chaud vers le plus froid, comme par exemple entre la peau et les vêtements. Ce mode est généralement ignoré en ambiance chaude puisque les contacts avec des objets sont peu importants et les parties en contact sont isolées, par exemple par des bottes (Mairiaux et Malchaire, 1990).

La convection est la transmission de la chaleur entre le corps et un fluide qui l'entoure; dans ce cas-ci, l'air. Si l'air ambiant est plus chaud que la peau, la chaleur entre dans la peau. Si l'air est plus froid, la chaleur quitte la peau. Il faut noter que ce phénomène s'accroît avec le mouvement de l'air à la surface de la peau. De même, dans les voies respiratoires, le même phénomène se produit, lors de la respiration, et la température interne est alors affectée (Mairiaux et Malchaire, 1990).

Le troisième mode d'échange avec l'environnement implique le rayonnement. Celui-ci sera discuté au point 2.1.2.5. L'échange par rayonnement est l'échange de chaleur sans contact direct, sous forme de rayonnement infrarouge, d'un corps qui a une température plus élevée vers un autre dont la température l'est moins (Dessureault, 2002).

Le dernier mode est l'évaporation. À la surface de chaque étendue d'eau se trouve une pellicule d'air saturée en eau. Si l'air environnant n'est pas saturé en eau, la pellicule d'air lui donnera sa vapeur. L'étendue d'eau aura donc besoin d'énergie pour permettre l'évaporation afin de saturer à nouveau la pellicule d'air. Cette énergie est prise à la surface de la peau qui se refroidit. Donc, lorsque le corps humain produit de la sueur et que l'air environnante n'est pas saturée, le corps utilise de sa chaleur pour évaporer la sueur à la surface de la peau et se refroidit ainsi (Mairiaux et Malchaire, 1990, Parson,

1993). L'évaporation est favorisée par : une grande surface mouillée, un air sec et une vitesse d'air élevée à la surface (Dessureault, 2002).

2.1.2.2 La température de l'air

La température de l'air intervient dans les échanges par convection entre la peau et l'air ambiant (Dessureault, Lyagoubi et Couture, 1997). La température de l'air est plus souvent mesurée avec un thermomètre de verre rempli d'un liquide ou d'un solide qui prend de l'expansion avec le changement de température. De tels instruments sont peu coûteux et offrent un bon degré de précision. On peut aussi utiliser des thermocouples, mais ils sont plus coûteux. Par contre, leur temps de stabilisation est beaucoup plus court. Les thermistances aussi ont cet avantage (Harris, 2000), mais, puisque l'expérience présente ne demande que deux mesures par heure, un temps de réponse rapide n'est pas nécessaire.

2.1.2.3 La vitesse de l'air

La vitesse de l'air influence les échanges de chaleur par convection et par évaporation (Dessureault, Lyagoubi et Couture, 1997). Lorsque la vitesse de l'air est plus élevée, elle permet une évaporation plus rapide de la sueur à la surface de la peau en réduisant l'épaisseur du film d'air entre la peau et l'environnement. La vitesse de l'air comprend deux éléments : d'une part, la vitesse absolue de l'air, de l'autre, le mouvement du corps par rapport à l'air (Mairiaux. et Malchaire,. 1990).

Pour mesurer la vitesse de l'air, l'instrument le plus précis est l'anémomètre thermique, qui n'est pas contraint par la direction du vent (Malchaire, 1999) puisque son élément chauffant est refroidi par le mouvement de l'air peu importe sa direction (Harris, 2000). Son temps de réponse est très court. Par contre, il est peu sensible aux faibles vitesses d'air (Mairiaux. et Malchaire,. 1990), ce qui le rend moins intéressant pour la présente étude. L'anémomètre à hélice (à ailettes), qui mesure la vitesse de l'air en comptant le nombre de tours d'hélice par unité de temps, répond à de faibles vitesses d'air, puisque son hélice ne requiert qu'un faible couple pour tourner (Harris, 2000). Par contre, ce type

d'anémomètre est hautement directionnel ; il faut donc connaître le sens du mouvement de l'air.

2.1.2.4 L'humidité

La différence entre les pressions partielles de l'eau contenue dans l'air et la sueur à la surface de la peau détermine l'importance des pertes de chaleur par évaporation. C'est pourquoi l'humidité de l'air est un paramètre important à mesurer (Harris, 2000). Par contre, son influence sur l'évaporation est moins marquée que la vitesse de l'air selon Dessureault, Lyagoubi et Couture (1997).

On peut connaître l'humidité de l'air par la température humide naturelle. Celle-ci doit être mesurée à l'aide d'un thermomètre dont le bulbe (partie sensible) est recouvert d'un morceau de tissu pâle imbibé d'eau (de préférence distillée). La mesure demande une dizaine de minutes d'attente (Mairiaux. et Malchaire,. 1990). C'est cette mesure qui détermine les pertes par évaporation. L'humidité relative peut aussi être mesurée à l'aide d'un hygromètre à lecture directe (Harris, 2000) ou d'un psychromètre qui est peu dispendieux, mais qui demande un étalonnage fréquent et qui requiert l'utilisation d'un diagramme psychrométrique (Malchaire, 1999). Cette données est souvent connue des gens (météorologie) ce qui n'est pas le cas pour la température humide.

2.1.2.5 Le rayonnement

La température moyenne de rayonnement est celle provenant d'un échange de chaleur par énergie rayonnante d'un corps chaud vers un à température plus basse. Elle se calcule à partir de la température du globe noir de Vernon (thermomètre inséré dans un globe d'un fini noir mât) et est influencée par l'énergie dégagée par le rayonnement infrarouge des objets entourant le sujet (Mairiaux. et Malchaire, 1990). Les deux principales sources de rayonnement dans le contexte de cette étude sont le rayonnement du soleil et celui du toit de tôle de la grange.

2.1.3 L'indice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)

Outre celle du Règlement sur la santé et la sécurité au travail (RSST), l'indice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) est utilisé par plusieurs normes, dont ISO7243. Bien que cette dernière soit généralement considérée comme trop restrictive, elle est utilisée dans plusieurs pays (Mc Neil et Parsons, 1999) et l'indice WBGT est utilisé par différents organismes (ACGIH 1993, ISO 1989, NIOSH 1986), d'après Bernard, Dukes-Dobos et Ramsey (1994). Harris (2000) indique que les autres indices tels que : la température effective (Haughton et Yaglou), la température effective corrigée (Bedford), la température équivalente corrigée pour la radiation (Belding et Hatch) et le Wet Globe Temperature (WGT) lui sont souvent comparés. Tous ces indices partagent le même objectif, limiter la température rectale à 38°C. Il y a aussi une préoccupation d'utiliser un indice plus facile à mesurer que le WBGT.

L'indice WBGT reflète les conditions de contrainte thermique grâce à une lecture d'un thermomètre sec (température de l'air), d'un thermomètre humide (température humide naturelle) et d'un globe noir de Vernon (température de globe noir) (Malchaire, 1999). La formule utilisée pour le déterminer est :

$$\begin{array}{ll} \text{WBGT} = 0,7 T_{\text{hm}} + 0,2 T_g + 0,1 T_a & \text{en présence de rayonnement solaire} \\ \text{OU} \quad \text{WBGT} = 0,7 T_{\text{hm}} + 0,3 T_g & \text{sinon (à l'intérieur)} \end{array}$$

Où T_{hm} = température humide naturelle

T_g = température de globe noir

T_a = température de l'air (Harris, 2000)

Le grand avantage de cet indice est de ne pas nécessiter la mesure de la vitesse de l'air. Celle-ci est tout de même prise en compte puisqu'elle influence la température de globe noir et la température humide naturelle en agissant sur la convection et l'évaporation au niveau des capteurs de ces températures. Par contre, les valeurs limites proposées de WBGT ont été élaborées pour des travailleurs acclimatés et vêtus d'une tenue normale de

travail. L'indice WBGT est donc moins bien adapté dans des situations éloignées de ce scénario (Mariaux et Malchaire, 1990).

En somme, cet indice est sécuritaire, clair et facilement interprétable, tel qu'un indice performant se doit (Mc Neil et Parsons, 1999). Par contre, il requiert une instrumentation spécifique et coûteuse et il ne mesure que les paramètres de l'environnement responsables de l'astreinte thermique sans aucun repère physiologique.

2.2 L'astreinte thermique

L'astreinte thermique est l'effet de la contrainte thermique sur l'humain ; c'est la réponse physiologique à celle-ci. La fréquence cardiaque, la température corporelle et le débit sudoral en sont les domaines (Dessureault, 2002). D'ailleurs, plusieurs normes, comme ISO7933 (Organisation Internationale de Normalisation, 1989), sont basées sur un ou plusieurs d'entre eux (Malchaire, 1999). L'âge, la santé, la condition physique, l'acclimatement et la prise de médicaments affectent l'astreinte thermique (Bishop, 1994).

2.2.1 La fréquence cardiaque

Parmi les domaines de l'astreinte thermique, la fréquence cardiaque est considérée comme la plus simple à mesurer (Meyer et al., 2001). C'est un indice prudent, du fait que la réponse cardiaque est généralement plus précoce que les deux autres (Dessureault et Doucet, 2001). Aussi, cette mesure est privilégiée par plusieurs (Malchaire et al., 1986, Parson, 1993, Moran et al., 1995, Meyer et al., 2001, Dessureault, 2003) .

La fréquence cardiaque englobe en outre, en plus de l'astreinte thermique, l'effort physique, les paramètres émotionnels et mentaux. (Myrtek et al., 1999), avec un temps de réponse relativement court (4 min) (Mariaux et Malchaire, 1990). Après un effort

extrême, la diminution de la fréquence cardiaque est considérée comme le meilleur indice de récupération (Malchaire, 1999).

La réponse cardiaque est très généralement la plus précoce ; la limite est atteinte avant que celle de la norme WBGT ne soit dépassée, ou que la hausse de température corporelle et les pertes hydriques selon ISO7933 (Organisation Internationale de Normalisation, 1989) ne le soient. Cette situation s'explique entre autres par les limites basées sur l'indice WBGT, basés seulement sur l'élévation de température rectale à 38°C, ignorant les astreintes cardiaques et hydriques plus précoces (Mairiaux et Malchaire, 1990).

2.2.1.1 La méthode de Brouha et la composante thermique de la fréquence cardiaque

La fréquence cardiaque lors d'un travail ou au repos, lors de pauses, peut indiquer l'astreinte thermique. Brouha (1960) et Fuller et Smith (1981) ont proposé des limites de l'astreinte thermique basées sur la récupération cardiaque. La méthode de Brouha permet à presque tous les travailleurs de connaître leur niveau d'astreinte lors d'un simple repos de trois minutes. Les travailleurs doivent, lors d'une pause, s'asseoir et prendre leur pouls. Il est important qu'ils prennent en note le nombre de battements cardiaques obtenus entre 30s et une minute après le début de la pause et entre deux minutes et demi et trois minutes après le début de cette même pause. C'est à partir de ces deux données appelées P1 (pour le pouls de la seconde moitié de la première minute de pause) et P3 (pour le pouls de la seconde moitié de la troisième minute de pause) que le niveau d'astreinte est établi (Fuller et Smith, 1981). Ces données sont alors confrontées à des limites.

D'abord, il fut établi que la fréquence cardiaque P1 ne devrait pas dépasser 110 battements par minute. D'ailleurs, la fréquence cardiaque moyenne d'un quart de travail ne devrait pas dépasser cette limite (Fuller et Smith, 1981). Une haute fréquence cardiaque P1 indique que le corps ne dissipe pas la chaleur assez rapidement et que le travail devrait être interrompu (Bernard et Logan, 1999). De plus, la différence entre P3 et P1 (P1-P3) devrait être supérieure ou égale à 10 battements par minute. Une grande valeur ici indique que le sujet récupère rapidement (Fuller et Smith, 1981).

Vogt et Metz (1981) ont proposé une méthode pour calculer le nombre de battements cardiaques induit par le travail sous condition de contrainte thermique. Pour ce faire, il faut calculer les fréquences cardiaques P3, P4 et P5: le pouls de la seconde moitié de la troisième, quatrième et cinquième minute de pause. De plus, la fréquence cardiaque de repos est nécessaire. La fréquence cardiaque de repos, peut s'estimer de plusieurs façons. Certains utilisent la fréquence cardiaque moyenne pendant cinq minutes assis (Meyers et al. 2001), tandis que d'autres préconisent la valeur dépassée pendant 99% du temps de travail (Malchaire et al., 1986). Une fois ces données obtenues, le calcul suivant est fait :

- Composante thermique de la $FC_{ther} = (P3 + P4 + P5)/3 - \text{Fréquence cardiaque repos}$

La composante thermique de la fréquence cardiaque devrait être inférieure à 30 battements par minute. Une haute fréquence de battements d'origine thermique indique que la contrainte thermique est trop importante.

Les lacunes principales des limites présentées par Brouha et par Vogt et Metz sont les suivantes : d'abord la personne doit savoir comment prendre son pouls et doit comprendre comment obtenir P1, P3, P4 et P5 et comment calculer la composante thermique de la fréquence cardiaque. De plus, ces indices ont surtout été testés en laboratoire ou sur de très petits groupes de sujets. Une généralisation reste à faire avec de plus grands groupes (Meyer, Matinet et Payot, 2000).

La fréquence cardiaque à ne pas dépasser peut aussi s'exprimer en pourcentage de la fréquence maximale. Il ne faut alors pas dépasser 85% de la fréquence cardiaque maximale (Mairiaux et Malchaire, 1990) afin de rester sous un seuil sécuritaire. Deux équations sont surtout utilisées pour déterminer cette dernière : d'une part, l'équation $220 - \text{âge (bpm)}$ (Mairiaux et Malchaire, 1990) et de l'autre, $195 - 0.67(\text{âge} - 25)$ (Bernard et Kenney, 1994). Cette dernière représente le point milieu de l'étendue des données de l'American Heart Association.

La première équation est la plus répandue dans le domaine médical tandis que la seconde a été instaurée pour l'analyse des coûts énergétiques du travail physique. Ces deux équations convergent pour les sujets de 25 ans (voir figure 1). Pour le groupe d'âge visé par l'étude présente, l'équation numéro 1 donne des résultats un peu plus élevés que la seconde. Pour les sujets étudiés, l'équation 2 est donc plus prudente.

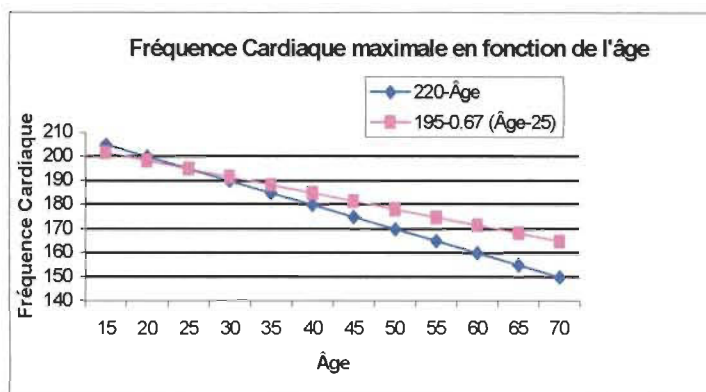


Figure 1 : Valeurs de fréquences cardiaques maximales selon deux équations (Dessureault et Doucet, 2001)

2.2.1.2 Les « Moving-Time Average » (MTA) de Bernard et Kenney

On peut déterminer le métabolisme énergétique exigé par un travail donné soit par la mesure de la consommation d'oxygène, soit à partir de la fréquence cardiaque. Certains, comme Malchaire et al. (1986) et Green et al. (1999), privilégient l'estimation à partir de la fréquence cardiaque puisque celle-ci peut être comptée en continu et précisément. De plus, la mesure de la consommation d'oxygène est peu pratique sur le terrain.

Mairiaux et Malchaire (1990) exposent que puisque des coefficients de corrélation de 0.99 ont été obtenus dans différentes expériences de Åstrand et Rodahl (1986), le lien entre la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène lors d'un exercice est suffisamment fort pour conduire à de bons résultats.

Dans certaines conditions (entre 30 et 70% du $\dot{V}O_2\text{max}$), une relation linéaire existe entre le métabolisme et la fréquence cardiaque. Cette relation peut être établie par expérimentation pour un sujet. Pour une tâche donnée, la fréquence cardiaque est recueillie et la consommation d'oxygène est retrouvée d'après le graphique. Cela permet de prendre en considération des différences inter-personnelles, ce qui n'est pas le cas avec la méthode de Garg (1978) alors que des tables sont utilisées (Dessureault et Doucet, 2002). La linéarité est donc présente de 30% du $\dot{V}O_2\text{max}$, qui équivaut à la fréquence cardiaque de repos (environ 110-120 bpm), à 70% du $\dot{V}O_2\text{max}$, qui correspond à une fréquence cardiaque de 200-âge (voir figure 2), comme l'explique Bernard et Kenney (1994). Au delà de 70% du $\dot{V}O_2\text{max}$, le débit cardiaque augmente de façon moins importante (Bevegard et Sheperd, 1967). La courbe est donc fonction de l'âge et de la masse de l'individu (Galloway et Maughan, 1997).

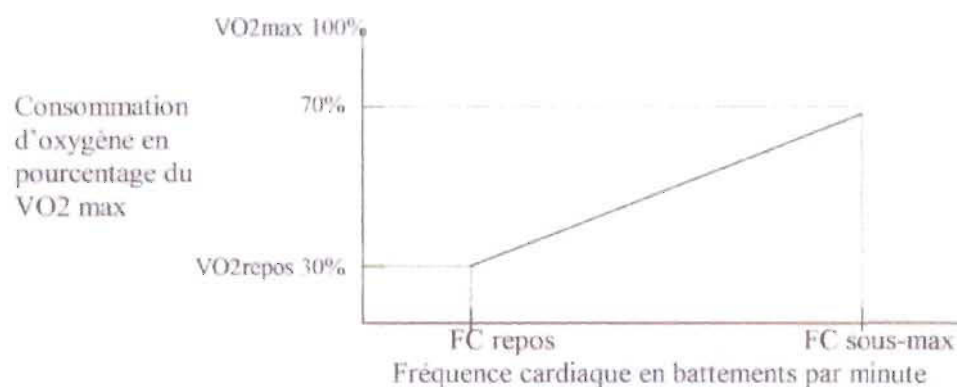


Figure 2 : Graphique type de la consommation d'oxygène en fonction de la fréquence cardiaque

Åstrand et Rodahl (1970) ont établi le pourcentage de $\dot{V}O_2\text{max}$ qui peut être maintenu pendant certain nombre de temps. Ces données sont issues du graphique du temps d'endurance en fonction de la consommation d'oxygène maximale de Åstrand et Rodahl (1970). D'autres chercheurs ont aussi observés cette fonction et sont tous arrivés à une courbe très semblable (voir figure 3). Les consommations d'oxygène maximales

déterminées pour une fenêtre de temps ont ensuite été transposées en fréquences cardiaques limites et le travail devrait cesser lorsque ces limites sont dépassées.

À partir de la relation de FC vs $\dot{V}O_2\text{max}$ (figure 2), Bernard et Kenney (1994) ont établis des fréquences cardiaques limites pour des fenêtres de moyennes de temps sur 5, 10, 20, 30, 45, 60 et 90 min. Cette relation étant fait pour chaque groupe d'âge, les limites ont été obtenues pour trois groupes d'âge différents. Ces fenêtres limites permettent de protéger les gens de différents groupes d'âge pour des périodes plus ou moins longues d'effort physique, tout en réduisant le nombre de fausses alarmes avec une limite simple, telle que la fréquence cardiaque maximale (Bernard et Dukes-Dobos, 1994).

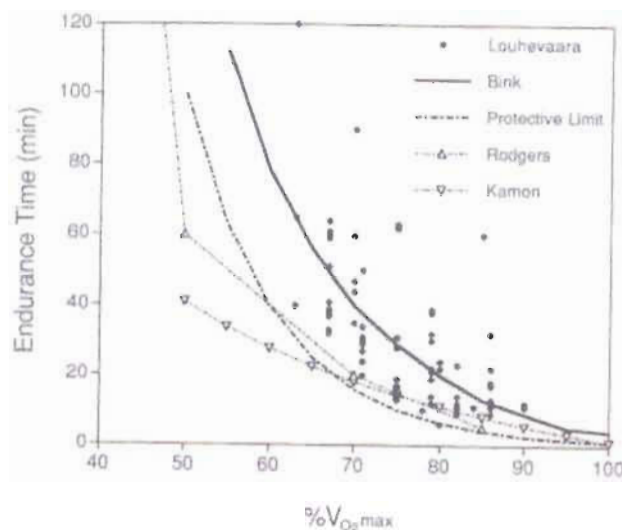


Figure 3 : Graphique du temps d'endurance en fonction de la consommation d'oxygène maximale (Bernard et Kenney, 1994)

Il faut noter que les pourcentages limites de consommation d'oxygène maximale utilisés sont ressortis grâce à la relation entre le temps d'endurance à l'effort et le pourcentage de la consommation d'oxygène maximale ($\dot{V}O_2\text{max}$) tel que présenté par Åstrand et Rodahl (1970) et étudié par plusieurs autres chercheurs (Louhevaara, Bink, Rodgers, Kamon), selon Bernard et Kenney (1994). D'ailleurs, la formule :

$$\text{Log}_{10} \text{ET} = 4 - 4(\% \dot{V} \text{O}_{2\text{max}}/100\%)$$

Où ET = temps d'endurance en minutes

peut être utilisée pour déterminer des pourcentages limites de $\dot{V} \text{O}_{2\text{max}}$ pour différentes fenêtres de temps (Bernard et Dukes-Dobos, 1994). Une fois obtenus, ces pourcentages de $\dot{V} \text{O}_{2\text{max}}$ sont utilisés pour trouver les MTA limites grâce à la relation FC vs $\dot{V} \text{O}_{2\text{max}}$.

Les MTA (« Moving-Time Average ont été déterminées pour des fenêtres de temps de 5, 10, 20, 30, 45, 60 et 90 min. Par exemple, pour la fenêtre de 5 min, la limite à ne jamais dépasser est de 83% du $\dot{V} \text{O}_{2\text{max}}$, ce qui représente 169 bpm pour une personne de 35 ans, 160 bpm pour celle 50 ans et 152 bpm pour celle de 65 ans. Pour les trois catégories d'âge, c'est la fréquence cardiaque équivalente au pourcentage du $\dot{V} \text{O}_2 \text{ max}$ pour les individus de la limite supérieure de chaque catégorie d'âge (soit 35, 50 et 65 ans) qui fut utilisée afin d'assurer l'aspect sécuritaire pour toute la plage d'âge (Bernard et Kenney, 1994) (voir figure 4).

MTA Fenêtre	Equivalent % $\dot{V} \text{O}_{2\text{max}}$	Young (20-35 years) (reference age of 35)			Middle (36-50 years) (reference age of 50)			Older (51-65+ years) (reference age of 65)		
		Second Stage	First Stage	Reset	Second Stage	First Stage	Reset	Second Stage	First Stage	Reset
5 min	83	169	164	161	160	156	153	152	148	146
10 min	75	160	156	153	152	149	146	145	141	139
20 min	67	151	148	145	145	141	139	138	135	133
30 min	63	148	143	141	140	137	135	134	131	129
45 min	59	141	138	136	136	133	131	130	127	125
60 min	56	138	135	133	132	129	128	127	124	123
90 min	51	133	130	128	128	125	124	123	120	119

Figure 4 : Les MTA limites (« Moving-Time Average ») déterminés pour différentes fenêtres de temps par Bernard et Kenney (1994)

Lorsque le premier stage (voir figure 4) est atteint, le travailleur doit ralentir la cadence sinon, dans les prochaines minutes, il sera rendu au second stage qui est la limite d'arrêt du travail. Au second stage, le travail doit être suspendu immédiatement sinon la personne risque de souffrir d'un effet pathologique dû à la chaleur (Bernard et Kenney, 1994).

Les limites présentées par Bernard et Kenney sont très simples d'utilisation. Par contre, peu de cardiotachymètre présente des alarmes basées sur les MTA. Les MTA deviennent alors peu pratiques à utiliser puisqu'on ne peut les utiliser en temps réel : un calcul devant être fait suite à la prise de données, lorsqu'il est trop tard. L'autre lacune de ces limites est que les groupes d'âge pour lesquels elles ont été calculées ne commencent qu'à 20 ans. Elles ne peuvent donc pas s'appliquer dans le cas d'adolescents ou d'enfants.

2.2.2 La température corporelle

La température de la peau change à mesure qu'un individu est exposé à un environnement chaud. La température interne du corps augmente puisque le sang passant à la surface de la peau revient plus chaud, la peau lui donnant une partie de sa chaleur. (Mehnert et al., 2000). La température interne augmente donc proportionnellement à l'effort déployé et à la contrainte thermique (Bernard, Dukes-Dobos et Ramsey, 1994). Les mécanismes de refroidissement du corps tels la sudation et la vasodilatation sont alors enclenchés. Lorsque la vasodilatation se produit, plus de sang est amené à la surface de la peau. La fréquence cardiaque est alors augmentée afin de permettre un plus grand débit de sang et la température interne du corps diminue puisque le sang est refroidit au niveau de la peau, celle-ci étant plus froide grâce à l'évaporation de la sudation.

La température profonde du corps humain doit se maintenir très près de 37°C. Plusieurs normes (NIOSH, WHO, ISO) utilisent 38°C comme limite de température interne (Malchaire et al., 2000). Cela permet de prendre en considération les variations entre

individus (Green et al., 1999). En effet, ISO7933 indique que si un groupe de travailleurs a une température rectale moyenne de 38°C, la probabilité qu'un individu de ce groupe atteigne une température rectale de 39.2°C est de moins de une chance sur 10 000 quarts de travail et de moins de une chance sur 10 000 000 quarts de travail qu'elle atteigne 42°C. Un certain facteur de sécurité est donc inclus dans la limite. Néanmoins, plusieurs considèrent cette limite comme trop prudente (McNeill, 1999; Wyndham et al., 1965; Malchaire, 1999 et Griefahn, 1999).

Lorsque la température corporelle est mesurée par la température sub-linguale, il est reconnu que la limite devient alors de 37.5°C, plutôt que 38°C pour la température profonde. Un facteur de correction est ajouté à la mesure puisque la température sub-linguale n'est qu'une approximation de la température du noyau thermique.

Plusieurs façons de mesurer la température du corps sont utilisées. Certains préfèrent mesurer la température de la peau tandis que d'autres mesurent la température interne (Ayogai, 1997). En laboratoire, les températures rectales et œsophagiennes sont utilisées pour connaître la température profonde, puisqu'elles sont plus précises. Ces façons de prendre les mesures sont toutefois mal acceptées par les travailleurs (Bernard et Kenney, 1994). Des pilules que le sujet avale et qui mesurent la température interne en continu sont aussi disponibles et utilisées en laboratoire, mais elles aussi sont moins bien acceptées (O'Brien et al., 1998). Sur le terrain, la température disque (température de la peau mesurée sous l'aisselle par un capteur en forme de disque), sub-linguale ou encore tympanique sont plutôt utilisées.

La température tympanique est une mesure facile à prendre grâce aux nouveaux instruments sur le marché. Pour qu'elle soit un reflet de la température profonde, elle doit être prise de façon adéquate. Plusieurs précautions doivent alors être prises afin d'obtenir une mesure adéquate. Lorsqu'elle est prise dans le canal de l'oreille, elle peut être influencée par la température ambiante (Green et al., 1999), sauf si elle est prise dans des conditions idéales de laboratoire (Bernard et Kenney, 1994) ou si un casque spécial est porté (Muir et al., 2001). Des facteurs de correction peuvent donc être utilisés

de façon à s'approcher de la température profonde, mais ainsi, la technique perd de sa facilité d'interprétation (Muir et al., 2001).

Certains, comme Bernard et Kenney, ont proposé d'utiliser la température disque (prise par un disque sous le bras, à la surface de la peau) pour estimer la température interne. Des écarts allant jusqu'à 0.8°C peuvent alors être présents entre celle-ci et la température profonde, tout dépendant de l'appareil utilisé pour les mesures (Reneau et Bishop, 1996). Peters (1995) notait d'ailleurs que la sous-estimation de l'astreinte thermique serait plus fréquente en utilisant cette méthode. Par contre, Bernard et Kenney (1994) ont obtenu une forte corrélation entre la température disque et la température rectale. Elle n'est pourtant pas un substitut pour la température rectale (Bernard et Kenney, 1994). L'avantage de cette méthode est de permettre les mesures en continu. Par contre, elle exige l'utilisation d'un seul appareil disponible sur le marché, le Metrosonic (Metrosonic inc, États-Unis).

La température sub-linguale est la plus utilisée en milieu de travail. Certains (Bishop 1996, Mc Cafferey et al. 1975) prétendent que celle-ci ne devrait être utilisée que pour déterminer le degré de fièvre d'un individu et non sa température profonde (Bishop, 1994). Pourtant, plusieurs la considèrent comme une bonne approximation de la température profonde (Candas et Sagot 1980, Kamon et Belding 1971, Mairiaux, Sagot et Candas 1983, Strydom et al. 1965, Meyer et al. 2001) (Meyer et al., 2001). NIOSH préconise d'ailleurs sa mesure si le sujet respire par le nez pendant les deux minutes qui précèdent la prise de données et ne boit rien pendant les quinze minutes précédentes (Muir et al., 2001).

2.2.3 Les pertes hydriques (hydratation/sudation)

Les pertes hydriques englobent le total d'eau perdu par la sudation, la respiration et la miction tandis que le déficit hydrique prend en considération le liquide remplacé par ingestion. Le déficit hydrique est donc la perte hydrique moins le volume de liquide ingéré. Dans la proposition 200 de ISO7933 (Malchaire, 2000), on indique que, pour protéger 95% de la population, les pertes hydriques ne devraient pas dépasser 5% de la masse corporelle et le déficit hydrique ne devrait pas être plus de 3%. (Dessureault et Doucet, 2002). Lorsque cette limite est dépassée, la déshydratation devient significative. Déjà, lorsque 1,5% de la masse d'un individu est perdue en sueur, la déshydratation présente un risque significatif (Harris, 2000). Après une perte de masse de plus de 3%, la fréquence cardiaque augmente et, si l'évaporation requise excède la capacité d'évaporation de l'environnement, la température corporelle augmente aussi (Sawka et al., 2000).

Des modèles mathématiques sont utilisés pour calculer l'évaporation requise ou encore le débit sudoral requis. Ce dernier est l'indicateur d'astreinte thermique par sudation le plus utilisé (Malchaire, 1999). Malgré qu'une proposition de norme ISO7933 (Malchaire, 2000) est maintenant basée sur des limites en fonction de la masse corporelle qui varie avec l'acclimatement plutôt que sur les pertes en volume, la norme approuvée de l'ISO7933 (Organisation Internationale de Normalisation, 1989) expose la façon d'estimer ce débit à partir du bilan thermique (Malchaire, 2000). L'expérience montre que les valeurs calculées (ISO7933, 1989) sont très près des valeurs observées. Les limites en pertes hydriques sont les mêmes que celles utilisées dans le calcul de l'astreinte thermique selon la norme ISO7933 (Organisation Internationale de Normalisation, 1989), variant de 2,6l (alerte pour les sujets non acclimatés) à 5,2l (danger pour les sujets acclimatés) pour l'ensemble du quart de travail. Ces valeurs correspondent à un homme de stature moyenne et ont été corrigées en fonction de la stature et de la masse des sujets observés. D'ailleurs, lors d'une expérience de validation des indices de l'astreinte thermique, Mairiaux et Malchaire (1995) sont arrivés à la conclusion que l'indice du débit sudoral requis, tel que présenté par l'ISO7933, est la meilleure approximation des

pertes hydriques. L'indice de sudation pour quatre heures (P4SR) est utilisé pour des travaux de plus courte durée (Peters, 1995).

Mudambo et al. (1997) indiquent que, pour contrer la déshydratation et ainsi pouvoir travailler sous une condition de contrainte thermique, plusieurs chercheurs (Marriott 1993, Marriott et Rosemont 1994) s'entendent pour dire que le remplacement de fluide est important. Le volume de fluide requis par jour varie de deux litres, pour une personne sédentaire, à dix litres, pour une personne active sous une condition de contrainte thermique (Sawka et al., 1998). Il est donc important d'inciter les sujets à se réhydrater fréquemment afin de ne pas se déshydrater (Sawka et al., 1992). Mairiaux et Malchaire (1990) précisent que la soif n'est pas un bon indicateur de déshydratation et qu'un individu ne boit donc pas la quantité de liquide nécessaire pour se réhydrater pleinement lorsqu'il se base sur sa soif. L'eau pure est le liquide le plus recommandé bien que des boissons contenant du potassium et du sodium aident à compenser pour les pertes sudorales.

Le déficit hydrique peut être mesuré à partir des enregistrements de masses des sujets sur une balance de précision en parallèle avec l'enregistrement des volumes de liquides bus et urinés. La différence entre la masse du sujet au début et à la fin du quart représente tout ce qui a été perdu par la sudation, la respiration et la miction: c'est le déficit hydrique. Si on ne considère pas la masse des liquides ingérés, on obtient le total des pertes hydriques. Afin de connaître les pertes de masse dues à la sudation seulement, il faut soustraire de ces quantités la masse des mictions malgré qu'elle soit généralement peu importante. (Bishop, 1994).

2.3 La contrainte et l'astreinte thermiques dans le contexte étudié

2.3.1 La contrainte thermique, l'astreinte thermique et l'âge

Il est connu que les gens âgés ont un désavantage face à des plus jeunes lorsqu'ils travaillent dans une condition de contrainte thermique (Harris, 2000). Cela est dû au fait que leurs réserves cardiocirculatoires sont plus faibles et qu'ils compensent moins bien pour les hausses de température puisqu'ils suent plus tardivement. En outre, leur capacité aérobique est moindre en moyenne. Ces facteurs s'accroissent avec l'âge et sont particulièrement visibles chez les gens de plus de soixante ans. À cet âge, l'acclimatation est beaucoup plus longue à s'établir (Armstrong et Kenney, 1993). Par contre, chez des gens d'âges différents, mais avec une consommation d'oxygène maximale égale, il y a très peu de variations dues à l'âge (Aoyagi, McLellan et Shephard, 1997). Certains chercheurs (Therminarias et al. 1992) ont aussi trouvé une différence due aux hormones entre de jeunes sujets de 19 à 25 ans et d'âge moyen de 40 à 55 ans. La récupération des jeunes sujets est plus rapide due à ces hormones.

La majorité des études sur la contrainte thermique en fonction de l'âge, portent sur des sujets de plus de 20 ans. Sur des sujets plus jeunes, il y a beaucoup moins de recherches. Samueloff et Yousef (1987) rapportent que Wagner et al. (1972) ont comparé des jeunes de 11 à 14 ans et des sujets de 25 à 30 ans. Ils ont constaté que la température profonde et la fréquence cardiaque des jeunes étaient plus élevées avant et après l'effort. En revanche, des jeunes de 15 et 16 ans observés par Wagner et son équipe (1972), ils performaient mieux que les jeunes hommes de 25 à 30 ans. Wagner conclut donc que les préadolescents de 11 à 14 ans ont une plus grande intolérance à la chaleur parce que leur capacité à suer est moindre et que leur système cardiovasculaire est plus instable (ils n'ont donc pas nécessairement une fréquence cardiaque maximale plus élevée). Lorsque les sujets sont un peu plus vieux (15 et 16 ans), ils suivent la tendance déjà établie pour des sujets plus âgés (Samueloff et Yousef, 1987). Le même genre de conclusion sur les jeunes de 15 ans et plus a été obtenu par Åstrand et Rodahl (1970).

2.3.2 La contrainte thermique, l'astreinte thermique et l'agriculture

Moran et al. (1995) rapportent que certains chercheurs (Pandolf et al., 1979 et Shapiro et al., 1988) ont affirmé que les conditions climatiques à l'intérieur ne peuvent pas bien simuler l'environnement extérieur, particulièrement pour le rayonnement. C'est pourquoi des expériences doivent être conduites sur place, et non en laboratoire, dans le cas de l'agriculture, afin de bien prendre en considération le rayonnement du soleil ou du toit de tôle de certains bâtiments de ferme.

Il y a un besoin pour des recherches en ergonomie en agriculture (Kaminaka, 1985). Un sondage sur l'ergonomie en agriculture a révélé que l'environnement était une des préoccupations importantes des gens travaillant dans ce secteur. Avec l'ergonomie des machines et la sécurité, la contrainte thermique vient en tête de liste (Ahonen et al., 1990). Quelques recherches sur la contrainte thermique en agriculture ont été faites (Wisner, 1996 et O'Neil, 1989), la majorité d'entre elles dans des pays où les conditions sont différentes de celles du Québec, par exemple dans les régions de l'Afrique Sub-Saharane et l'Europe (Malchaire, 1999).

Au Québec, malgré la modernisation des équipements, le travail en agriculture reste dur. L'agriculteur doit souvent travailler dans des conditions de contrainte thermique car son travail est régi en bonne partie par les conditions météorologiques. D'ailleurs, l'agriculture fait partie des secteurs qui enregistrent des cas de décès rapportés à la CSST, dont trois depuis 1989 (un à Joliette en 2002) (Dessureault et Doucet, 2002).

L'agriculture est considérée comme un des métiers les plus exigeants avec les travaux miniers et ceux de construction (O'Neil, 1999). Åstrand a démontré que les gens travaillent à environ 40% de leur consommation d'oxygène maximale lorsqu'ils peuvent choisir leur rythme. Ils s'adaptent à la chaleur en buvant davantage et en choisissant des tenues vestimentaires plus légères (Ahonen et al., 1990). Par contre, puisque ce sont parfois les conditions environnementales qui dictent le rythme de travail à l'agriculteur qui ne veut pas perdre son foin à la pluie, le pourcentage de la consommation maximale

d'oxygène est souvent encore plus élevé que 40%. D'après les observations sur le terrain, les jeunes travaillant à engranger le foin vont souvent choisir un rythme plus élevé afin de gagner plus d'argent; puisqu'ils sont souvent payés au nombre de charges engrangées.

Depuis plusieurs années, des recherches tentent d'adapter les normes pour les rendre plus appropriées aux travaux d'agriculture. McNeil et Parsons (1999) ont d'ailleurs démontré que ISO7243 (qui utilise l'indice WBGT) était peu valable dans des conditions de contrainte thermique extrême de température d'air, d'humidité et de rayonnement (qui sont souvent présentes en agriculture, même au Québec lors de canicules) et que ISO7933 surestimait le débit sudoral limite dans ces conditions, ce qui le rendait trop prudent. Les travailleurs seraient alors portés à l'ignorer et l'employeur ne voudrait pas l'appliquer pour ne pas engendrer des pertes de productivité. En foresterie comme en agriculture, le WBGT et les autres indices ne sont pas utilisés pour mesurer la contrainte thermique (Wasterlund, 1996). Un programme d'autosurveillance de l'astreinte thermique serait donc utile.

CHAPITRE 3

LA MÉTHODOLOGIE

3.1 Analyse précédant l'expérimentation

3.1.1 Calcul des MTA limites pour des sujets de 16 à 18 ans

Bernard et Kenney (1994) n'ont pas considéré les jeunes de moins de 20 ans lorsqu'ils ont élaboré les MTA ("Moving-Time Average Windows") limites. Il a donc fallu, pour la présente recherche, calculer les MTA limites, par la même méthode que celle utilisée par Bernard et Kenney (1994), mais pour des gens de 16, 17 et 18 ans.

Le tableau I présente d'ailleurs les MTA limites calculés pour les différents groupes d'âge visés par l'étude. C'est par rapport à ces MTA limites recalculés selon l'âge qu'ont été comparées les fréquences cardiaques mesurées.

Tableau I

MTA limites recalculés pour des sujets de 16 à 18 ans

Âge	fenêtre MTA	équivalent en %VO ₂ max	Limite en battements par minute
16 ans	5 min	83%	180
	10 min	75%	170
	20 min	67%	159
	30 min	63%	154
	45 min	59%	149
	60 min	56%	146
	90 min	51%	139
17 ans	5 min	83%	179
	10 min	75%	169
	20 min	67%	159
	30 min	63%	154
	45 min	59%	149
	60 min	56%	145
	90 min	51%	139
18 ans	5 min	83%	178
	10 min	75%	169
	20 min	67%	159
	30 min	63%	154
	45 min	59%	149
	60 min	56%	145
	90 min	51%	139

Les MTA limites recalculés pour des gens de 16, 17 et 18 ans ont été obtenus en faisant les calculs suivants :

$$\text{MTA(X) Limite} = \{(\text{FC}_{\text{max}} - 75) \times \% \dot{V} \text{O}_{2\text{max}}(\text{X})\} + 75 \quad (\text{Bernard et Kenney, 1994})$$

Où FC_{max} = Fréquence cardiaque maximale calculé avec
l'équation $195 - 0,67(\text{âge} - 25)$ en bpm

$\% \dot{V} \text{O}_{2\text{max}}(\text{X})$ = Pourcentage de consommation d'oxygène maximale
acceptable pour une durée de X minutes Åstrand et
Rodahl (1970)

exemple : Pour une limite de MTA5 pour une personne de 16 ans :

$$\text{MTA5 Limite} = \{[195 - 0,67(16 - 25) - 75] \times 83\%\} + 75$$

$$\text{MTA5 Limite} = 179,6 \text{ bpm}$$

Tel qu'il était attendu, les limites de fréquences cardiaques calculées par fenêtre de temps de 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90 min sont moins astreignantes pour les jeunes âgés de 16 à 18 ans que pour les autres groupes d'âge pour lesquels ces limites ont déjà été déterminées par Bernard et Kenney (1994).

3.1.2 MTA limites basés sur des mesures en laboratoire pour des sujets de 16 à 18 ans

Pour valider ces MTA limites révisés pour les groupes d'âges visés par l'étude, des données de consommation d'oxygène et de fréquence cardiaque furent prises pour quatre sujets qui participaient à l'expérience sur les fermes, lors d'un exercice sur ergocycle en laboratoire. Un graphique linéaire de la consommation d'oxygène en fonction de la fréquence cardiaque a été obtenu pour chaque sujet. Ce graphique fut obtenu à partir des fréquences cardiaques et de consommations d'oxygène sous-maximales et de repos. La relation de FC vs $\dot{V}O_{2\max}$ reste linéaire entre 30% du $\dot{V}O_{2\max}$ qui coïncide avec la fréquence cardiaque de repos et 70% du $\dot{V}O_{2\max}$ qui correspond à la fréquence cardiaque sous-maximale de 200-âge (Åstrand et Rodahl, 1986), (voir figure 2). Donc, en prenant la fréquence cardiaque de repos de chaque sujet et en l'associant à 30% de leur consommation maximale, le premier point de la droite fut obtenu. L'autre extrémité de la droite du graphique correspondait à 70% de leur $\dot{V}O_{2\max}$, ce qui équivaut à la fréquence cardiaque sous-maximale qui se calcule de la façon suivante :

$$FC_{\text{sous-max}} = 200 - \text{âge}$$

Où $FC_{\text{sous-max}}$ = Fréquence cardiaque sous-maximale du sujet (bpm)

Les graphiques obtenus à partir des données en laboratoire pour chacun des quatre sujets sont présentés à l'annexe A.

Les MTA limites de Bernard et Kenney ayant été déterminés en utilisant un pourcentage de $\dot{V}O_{2\max}$ qui pouvait être soutenu pendant ces différentes durées de fenêtres de temps de 5 à 90 min (voir figure 4, deuxième colonne) , il fut possible de déterminer des MTA limites pour des gens de 16 à 18 ans en utilisant ces $\dot{V}O_{2\max}$ et en déterminant la fréquence cardiaque correspondante sur les différentes courbes FC vs $\dot{V}O_{2\max}$ obtenues par expérimentation pour les différents sujets âgés de 16 à 18 ans. Ces limites obtenues expérimentalement et celles issues des mêmes calculs que ceux utilisés par Bernard et Kenney (1994) furent donc confrontés pour valider les calculs, tel qu'illustré à la figure 5.

exemple : Pour le sujet 1, l'équation de la courbe était : $Y = 277,5X - 12,25$ et le $\% \dot{V}O_{2\max}$ associé à une fenêtre de temps de 5 minutes est 83% (figure 4, deuxième colonne) donc,

$$\text{MTA Limite} = 277,5 (\% \dot{V}O_{2\max}) - 12,25$$

$$\text{MTA 5 Limite} = 277,5 (83\%) - 12,25$$

$$\text{MTA 5 Limite} = 218 \text{ bpm pour le sujet 1}$$

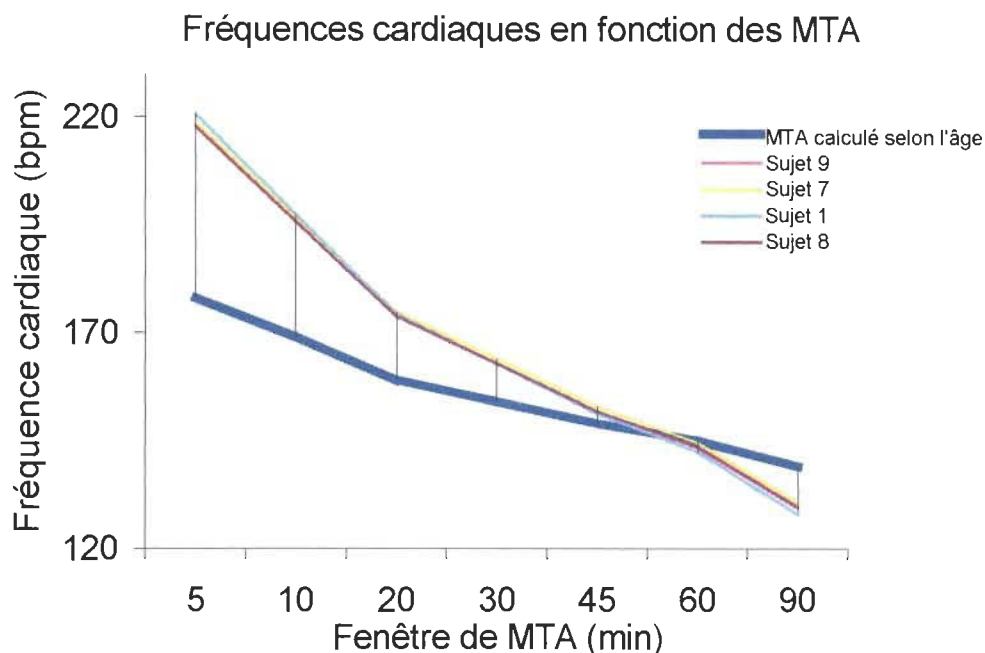


Figure 5 : Graphique de la fréquence cardiaque en fonction des MTA limites recalculés selon l'âge et ceux basés sur des mesures en laboratoire pour des sujets de 16 à 18 ans

3.1.3 Comparaison des MTA limites calculés et ceux basés sur des mesures obtenues en laboratoire

Les résultats obtenus à la figure 5 permettent de conclure que, pour les quatre sujets qui ont subi le test sur ergocycle, les MTA limites recalculés pour les gens de 16, 17 et 18 ans, pour des fenêtres de temps de 5 à 45 min sont trop limitatifs. Par contre, pour ces mêmes sujets, les limites définies pour les fenêtres de temps de 60 et 90 min ne seraient pas assez protectrices. Sur le graphique de la figure 5, on remarque que pour les fenêtres de 5 à 45 min, les limites calculées sont inférieures à la fréquence cardiaque moyenne que les sujets, d'après le test en laboratoire, pourraient maintenir pour la période. Pour les fenêtres de temps de 60 et 90 min, les limites calculées sont supérieures à la fréquence cardiaque moyenne que les sujets pourraient soutenir pour ces deux périodes selon les données obtenues par le test sur ergocycle.

Par exemple, le tableau I montre que pour une fenêtre de temps de 10 min, un sujet ne doit pas dépasser 75% de son $\dot{V}O_{2\max}$, ce qui équivaut à 169 bpm pour un adolescent de 17 ans. En utilisant l'équation de la courbe de fréquence cardiaque en fonction des fenêtres de temps MTA du sujet 1 (qui a 17 ans), une fréquence cardiaque de 198 bpm est obtenue pour un $\dot{V}O_{2\max}$ de 75%. Donc, pour le sujet 1, le MTA limite pour une fenêtre de temps de 10 min serait trop limitatif

L'utilisation d'une autre courbe du temps d'endurance en fonction du pourcentage de la consommation d'oxygène maximale que celle présentée par Åstrand et Rodahl (1970) aurait donné des résultats différents. La figure 3 présente d'ailleurs différentes courbes proposées par d'autres auteurs. Plus le temps d'endurance est élevé, plus les écarts sont importants entre les pourcentages de la consommation d'oxygène maximale chez les différents auteurs. Donc, pour les fenêtres de 60 et 90 min, si la courbe d'un autre auteur avait été utilisée pour calculer le MTA limite, celui-ci pourrait être aussi sécuritaire ou même plus que celui obtenu expérimentalement sur ergocycle. Bernard et Kenney (1994) se sont basés sur celle d'Åstrand et Rodahl (1970) pour développer leurs MTA limites, celle qui a été utilisé ici.

Wagner et al. (1972) indiquent que les jeunes à partir de 15 ans suivent la tendance qui dit que les plus jeunes sont avantagés en situation de contrainte thermique. Néanmoins, il semble dans ce cas-ci que pour les fenêtres de temps de 60 et 90 min il serait préférable d'utiliser une limite plus prudente puisque les MTA limites calculés pour les sujets de 16 à 18 ans ne semblent pas suffisants. Les limites qui tiennent compte de l'âge des sujets peuvent assurer une sécurité supérieure pour les jeunes en limitant les différences inter-individuelles entre les sujets d'un même groupe. Les limites pourraient être calculées pour des groupes d'âge comprenant les gens de différents âges, soit dans ce cas-ci de 16 à 20 ans. La limite calculée pour les gens de 20 ans serait donc calculée et appliquée pour les 16 à 18 ans. Bernard et Kenney (1994) ont d'ailleurs procédé de cette façon en calculant le MTA limite pour l'âge limite supérieur du groupe d'âge et en l'appliquant pour tout le groupe. Cette façon de faire fait en sorte que les limites pour les MTA 60 et

90 seraient assez prudentes pour le groupe puisque les critères pour les gens de 20 ans seraient appliqués. La différence entre les limites d'un âge à l'autre varie tellement peu (pas plus de 1 battement par minute d'un âge à l'autre) que les limites pour un groupe regroupant plusieurs âges ne seraient pas trop limitatives.

3.2 Sur les fermes

3.2.1 Les sujets

La population visée par cette étude est composée de sept adolescents de 16 à 18 ans qui travaillent à engranger le foin durant l'été. Ces jeunes habitent surtout en région dans les endroits où l'agriculture est très présente. Habituellement, ce sont des jeunes hommes qui effectuent ce travail. L'étude a donc porté seulement sur des garçons et non sur des filles. Les adolescents participant à l'engrangement du foin sont habituellement de stature modeste, comme ce fut le cas dans la recherche présente. De plus, leur habillement consiste, pour la plupart, en des pantalons longs et des chandails légers à manches longues en plus de gants. Ceci leur permet de se protéger contre les éraflures que leur infligerait le foin si leur peau était à découvert.

Les données furent prises à l'été 2003. Les adolescents ont été observés sur un total de 20 quarts de travail répartis sur six jours de prise de données. Dans le cas de quatre sujets, les observations ont été faites sur plus d'un quart de travail dont deux qui ont participés aux deux coupes de foin (à la fin juin et à la mi-août).

Tout adolescent satisfaisant les critères (âge (16 à 18 ans), sexe (masculin), travaillant à l'engrangement du foin) pouvait participer à l'étude. Le petit nombre de sujet s'explique par le nombre important de variables mesurées. De plus, le coût des instruments (cardiotachymètre) étant élevé, le nombre de sujets fut restreint par la contrainte budgétaire.

Pour chaque sujet, une fiche contenant les informations personnelles requises fut remplie (voir annexe B). La date de naissance du sujet, qui servait à déterminer son âge, y est inscrite ainsi que sa stature et surface corporelle.

Sur cette fiche la stature du sujet est aussi indiquée et c'est à partir de celle-ci que la surface corporelle était déterminée à partir de la formule de Dubois :

$$Ad = M^{0,425} \times h^{0,725} \times 0,00718$$

Où Ad = Surface corporelle du sujet en m²

M = Masse du sujet en kg

h = taille du sujet en cm

exemple : Pour le sujet 1 :

$$Ad = (71.5 \text{ kg})^{0,425} \times (175 \text{ cm})^{0,725} \times 0,00718$$

$$Ad = 1.8638 \text{ m}^2$$

Le nom de chaque participant ainsi que leurs adresses ont été notées afin de pouvoir les informer des résultats obtenus et les contacter au besoin. Leur stature fut notée puisque cette donnée pourrait avoir un impact sur les résultats obtenus. L'habillement a aussi été noté afin de pouvoir déterminer l'isolation vestimentaire. La date de naissance des participants a servi à déterminer leur âge pour ainsi calculer leur fréquence cardiaque maximale.

3.2.2 Les fermes

Les sujets ont été choisis au hasard sur deux fermes dont les propriétaires ont permis à l'équipe de recherche de prendre des données. Les fermes laitières et d'élevage furent visées puisque c'est dans ces milieux que l'on engrange le plus de foin. Une première ferme a été visitée à la première coupe de foin, au mois de juin, et une seconde à la seconde coupe, à la mi-août.

La grange de la première ferme était vaste et les balles étaient pilées à partir du sol jusqu'au plafond. Le convoyeur monte-balle était adapté à la tâche et pouvait bouger en translation afin de faire tomber les balles à différents endroits, limitant ainsi les déplacements des balles par les travailleurs.

Le second producteur agricole était moins bien équipé. L'engrangement se faisait dans le fenil (grenier) de la grange et l'espace était restreint. Le convoyeur monte-balle n'était pas mobile donc un second convoyeur était utilisé pour transporter les balles d'un endroit à l'autre dans le fenil. Le travailleur devait donc faire beaucoup plus de manipulations de balles.

3.2.3 Le travail

Le travail d'engrangement du foin consiste à manipuler des balles de foin qui pèsent entre 15 et 20 kg chacune. Lorsque que le tracteur arrive avec une charge de balles de foin, les sujets forment deux groupes : l'un à l'extérieur où les rayons du soleil ajoutent à la chaleur de la canicule et charge les balles sur un convoyeur qui amène celles-ci à l'intérieur de la grange où le second groupe se trouve. L'espace dans le fenil (grenier de la grange) est limité et le mouvement de l'air est restreint. De plus, le toit de tôle rayonne la chaleur.

Dans le groupe travaillant à l'extérieur, il y a habituellement au moins une personne qui fait débouler les balles (voir figure 6 à gauche) du haut de la charge et une autre qui place les balles sur le convoyeur (voir figure 6 à droite). À l'intérieur il y a des gens qui prennent les balles du convoyeur et qui : soit les placent sur un autre convoyeur (voir figure 7 à gauche), soit les lancent à une seconde personne qui les pile ou soit qu'il les place lui-même (voir figure 7 à droite). Le travail à l'intérieur est habituellement plus difficile donc les sujets alternent entre l'intérieur et l'extérieur à chaque pause.



Figure 6 : Travail extérieur lors de l'engrangement du foin



Figure 7 : Travail intérieur lors de l'engrangement du foin

Une charge peut prendre de dix à vingt minutes à engranger et les sujets prennent une pause d'une quinzaine de minutes entre chacune d'elles, lors desquelles ils se désaltèrent. Le nombre de manipulations dépend du nombre de personnes affectées à chaque tâche. La durée d'un quart de travail peut varier selon la température qu'il fait ou celle du lendemain. En effet, s'il y a un risque de pluie pour le lendemain, le quart de travail risque d'être plus long puisque le producteur agricole ne voudra pas perdre les balles de foin à la pluie. Les quarts de travail observés ont variés de deux à neuf heures. Ils ont débuté en début d'après-midi, alors que la rosée est évaporée, pour se terminer en soirée vers 19:00h. Les sujets ne soupaient qu'après le quart de travail et mangeaient très peu durant la journée.

L'humidité dégagée des balles de foin ajoutait à l'humidité déjà présente dans l'air. Les mesures furent prises à l'intérieur et à l'extérieur afin d'assurer que les données soient collectées aux endroits où les adolescents travaillaient.

3.2.4 Les instructions données aux sujets

La nature de la recherche et les différentes mesures à prendre furent présentées aux sujets. La problématique et l'utilité de ces mesures ont aussi été expliquées.

La façon de prendre les fréquences cardiaques de récupération de Brouha fut aussi expliquée. Il aurait été difficile de prendre les fréquences cardiaques de récupération de tous les participants à la fois, puisqu'ils prennent tous leurs pauses au même moment, entre chaque charge de foin engrangée. Aussi, les participants furent invités à appuyer sur un bouton de leur cardiotachymètre à chacune de leur pause, dès qu'ils s'assoient. Ceci indiquait sur l'enregistrement de la fréquence cardiaque le début de chaque pause et l'expérimentateur pouvait, grâce au logiciel Polar Precision, retrouver les fréquences cardiaques de récupération de Brouha lors de l'analyse de ces enregistrements.

Aussi, le fonctionnement général du cardiotachymètre Polar S610i fut expliqué aux sujets. Ils furent aussi invités à informer l'expérimentateur dès qu'ils remarquaient une irrégularité dans le fonctionnement des montres ou qu'ils s'inquiétaient des fréquences cardiaques qu'ils pouvaient y lire. Si un malaise ou une faiblesse survenait, ils devaient aussi le mentionner à l'expérimentateur.

Afin de connaître le déficit hydrique des participants, toutes les quantités de liquide et de nourriture ingérées devaient être pesées. De même, les volumes urinés au cours de la journée devaient être notés. Des verres de carton gradués étaient donc à la disposition des sujets et ils étaient invités à noter le volume uriné et la teinte (sur une échelle de un à cinq) ainsi que l'heure à laquelle ils étaient allés uriner. Les breuvages étaient fournis à volonté et les participants étaient invités à remplacer le volume de liquide sué par ces

breuvages dans une proportion de 50% de jus ou breuvage de remplacement et 50% d'eau (Brake et Bates, 2002).

Il était demandé aux participants de ne rien boire durant les 15 min précédant la prise de la température sub-linguale puisque la température du breuvage pourrait affecter la mesure. De même, ils devaient respirer par le nez, et non par la bouche, durant les deux minutes qui précédaient cette prise.

Finalement, les sujets ont été invités à ne pas changer leurs habitudes, que ce soit la fréquence des pauses, le niveau d'intensité du travail ou leur habillement.

3.2.5 Évaluation des paramètres liés à la contrainte thermique

Le psychromètre digital Humidity & Temperature Indicator HMI 31 (VAISALA, Finlande) (voir fiche technique à l'annexe C) fut utilisé pour obtenir le pourcentage d'humidité relative de l'air car il requiert peu d'analyse et un étalonnage peu fréquent. Il peut aussi prendre la température de l'air. Il fut donc utilisé pour prendre cette mesure aussi. Le thermomètre au mercure fut utilisé pour vérifier les mesures prises par le psychromètre vu sa facilité d'utilisation, son faible coût et son accessibilité sur le marché.

Pour ce qui est de la vitesse de l'air, un anémomètre à hélice Turbo Meter (Davis Instrument, États-Unis) (voir fiche technique à l'annexe C) fut utilisé, bien qu'il soit unidirectionnel, puisqu'il capte des vitesses d'air plus faibles qu'un thermoanémomètre. Il fut choisi vu la faible vitesse de l'air autour et dans les bâtiments agricoles. La direction du déplacement de l'air a été obtenue à l'aide de bulles de savon.

Le Wibget série RSS-214 (ist, États-Unis) (voir fiche technique à l'annexe C) a permis de mesurer les températures de globe noir et humide naturelle et l'indice WBGT. L'avantage du Wibget RSS-214 est une lecture directe, sans avoir à utiliser des tables ou des calculs pour obtenir le WBGT. De plus, le Wibget RSS-214 est souvent utilisé dans

des recherches portant sur la contrainte thermique. Lors de la prise de mesure, il a fallu s'assurer que le globe était conservé d'un fini noir mât. De plus, il fallait laisser un long temps de réaction, soit 20 à 30 min afin d'obtenir une donnée précise (Rastogi, Gupta et Husain, 1992). Cet instrument est simple, ce qui le rend d'autant plus intéressant (Malchaire, 1999).

Toutes les variables de la contrainte thermique furent mesurées ponctuellement à chaque 30 min en alternance entre l'intérieur et l'extérieur de la grange (le plus près possible de l'endroit où les sujets travaillaient), ce qui a permis aux différentes mesures de se stabiliser.

3.2.6 Les variables de l'astreinte thermique

Chaque sujet a reçu un cardiotachymètre Polar S610i (Polar Electro Oy, Finlande) (voir fiche technique à l'annexe C) préprogrammé pour sa masse, son âge et son niveau d'activité. Le cardiotachymètre Polar S610I est composé d'une bande, sur laquelle se trouvent des électrodes placées directement sur la peau, sous les pectoraux (voir figure 8), et d'une montre (voir figure 9) qui enregistre les données qui lui sont envoyées des électrodes. La fréquence cardiaque a été prise à chaque cinq secondes et mise en mémoire pour chaque quart de travail. De plus, la fréquence cardiaque de repos et de récupération de Brouha (pour chaque pause) ont pu être déterminées lors de l'analyse des enregistrements. L'analyse de l'enregistrement a été possible grâce au programme informatique Polar S-Series Precision (Polar Electro Oy, Finlande).



Figure 8 : Personne portant un cardiotachymètre Polar



Figure 9 : Photo du récepteur du cardiotechymètre Polar S610i

Les sujets étaient surveillés tout au long du quart de travail afin de s'assurer que leur fréquence cardiaque ne devenait pas trop élevée sur de longues périodes de temps. L'utilisation d'un cardiotechymètre qui calcule les MTA, comme le Metrosonic (Metrosonic inc., États-Unis), aurait facilité la tâche. Puisque ce dernier était trop encombrant, son émetteur et récepteur étant reliés par un fils, un fichier Excel a été élaboré pour faire ces calculs.

La température sub-linguale fut prise au début et à la fin de chaque quart, avec un thermomètre digital SureTemp (Welch Allyn, États-Unis) (voir fiche technique à l'annexe C) rapide et précis. Les sujets ne devaient pas boire pour une période de 15 min et ne pas respirer par la bouche pour une période de 2 min précédant la prise de mesure.

La balance de précision (Weigh-Tronix, États-Unis) (voir fiche technique à l'annexe C) a été utilisée pour obtenir la masse des individus au début et à la fin de chaque quart de travail. Le volume de tout ce qui a été bu par chaque sujet fut noté ainsi que la teneur et l'heure à laquelle le breuvage fut pris. De plus, le volume uriné a été mesuré à l'aide de verres de carton gradués à chaque 50 ml. Ces mesures avaient pour objet d'évaluer le déficit et la perte hydriques.

L'heure et la teinte de l'urine furent aussi prises en note. Les sujets devaient aussi peser, sur la même balance que celle utilisée pour connaître leur masse, tout ce qu'ils mangeaient entre les deux pesées. La différence entre la masse du début et celle de la fin du quart, en considérant la masse de ce qui avait été mangé, bu et uriné, donnait la masse de ce qui avait été perdu par sudation et par évaporation par les voies respiratoires.

3.2.7 Le déroulement de la journée

À chaque journée où le foin était engrangé, les participants devaient arriver une heure plus tôt que l'heure du début du travail. Cela permettait à l'expérimentateur de prendre les données de départ (température sub-linguale, masse initiale, habillement) et d'installer les cardiotachymètres sur chaque sujet. L'expérimentateur était sur place deux heures avant le début du quart de travail afin de préparer son équipement (voir liste de matériel à l'annexe D)

Une journée typique se déroulait comme suit :

- Obtenir le consentement des travailleurs et du producteur agricole avant le début de la prise de données.
- Avant l'arrivée des sujets, l'expérimentateur préparait ses équipements et instruments de mesure.
- Au début de la journée, les informations sur les sujets étaient prises (âge, masse...) afin de programmer les cardiotachymètres avant le début du quart de travail.
- Toutes les données environnementales étaient prises au début de chaque journée et à chaque 30 min par la suite, en alternance entre l'extérieur et l'intérieur de la grange.
 - Il fallait laisser les instruments de mesure s'équilibrer aux conditions du milieu pendant 20 min avant de prendre les mesures.
 - Pour s'assurer que les instruments étaient à l'équilibre, le Wibget devait afficher la même valeur de WBGT pendant cinq minutes avant de la noter.

- Il ne fallait pas oublier d'ajouter de l'eau distillée au thermomètre humide afin d'obtenir une donnée valable.
- L'anémomètre devait être tourné dans le sens du vent et une valeur moyenne était notée, puisque la donnée variait en fonction des coups de vent.
- Le midi, la nourriture ingérée était pesée et les données prises manuellement jusqu'alors étaient transcrites à l'ordinateur.
- Lors de chacune des pauses, les fréquences cardiaques de récupération de Brouha étaient prises pour les participants qui n'avaient pas les cardiotachymètres Polar S610i (qui eux pouvaient peser sur un bouton pour marquer l'enregistrement).
- Lors de chaque changement d'activité, l'heure fut prise en note avec la nature de la nouvelle activité. Les sujets étaient responsables de signaler ces changements d'activité.
- À la fin du quart de travail, les participants devaient rester quelques moments, le temps que les données de chaque montre soient téléchargées sur l'ordinateur et que les données finales (température sub-linguale, masse) soient prises.
- Le soir, les données étaient sommairement analysées afin de déceler toute anomalie.
- La consommation d'oxygène maximale de chaque sujet ne fut pas évaluée sur le lieu de travail, mais bien au centre sportif de l'Université du Québec à Trois-Rivières. Ces données furent prises pour quatre sujets pour lesquels le monitoring cardiaque a été fait sur au moins un quart de travail.

CHAPITRE 4

LES RÉSULTATS

4.1 Les données personnelles calculées

- **L'isolation thermique vestimentaire**

L'habillement de chaque sujet était aussi noté afin de pouvoir calculer l'isolation vestimentaire pour chaque sujet à chaque quart de travail. L'isolation thermique unitaire de pièces de vêtements (I_{clu}) était donc trouvée dans des tables comme celle présentée à l'annexe E et le calcul suivant était fait :

$$I_{cl} = \sum I_{clu}$$

où I_{cl} = Isolation thermique d'ensemble vestimentaire en Clo

I_{clu} = Isolation thermique vestimentaire de pièces de vêtements
en Clo

exemple : Pour le sujet 1, le 21 juin 2003 :

Habillement : Caleçons ($I_{clu} = 0,04 C_{lo}$), Pantalons long ($I_{clu} = 0,25 C_{lo}$),
T-shirt ($I_{clu} = 0,1 C_{lo}$), espadrilles ($I_{clu} = 0,02 C_{lo}$), bas ($I_{clu} = 0,05 C_{lo}$) et
gants ($I_{clu} = 0,08 C_{lo}$)

$$I_{cl} = 0,04 C_{lo} + 0,25 C_{lo} + 0,1 C_{lo} + 0,02 C_{lo} + 0,05 C_{lo} + 0,08 C_{lo}$$

$$I_{cl} = 0,54 C_{lo}$$

4.2 La contrainte thermique

Les données recueillies lors des différents quarts de travail sont présentées à l'annexe F et le tableau II présente une synthèse de ces données.

Tableau II

Synthèse des valeurs minimales et maximales des données de contrainte thermique

Symboles et unités	Valeur minimale obtenue à l'intérieur	Valeur maximale obtenue à l'intérieur	Valeur minimale obtenue à l'extérieur	Valeur maximale obtenue à l'extérieur
Ta (°C)	25	33.8	22.3	39.1
Tg (°C)	26.5	43	24.9	53.3
Th (°C)	18.2	26.1	18.3	24.5
Va (m/s)	0	0.2	0	3.4
WBGT (°C)	21.3	27.6	21.1	31.1

Les données prises lors de deux périodes, situées durant des canicules de l'été 2003, montrent des conditions climatiques difficiles. D'abord, l'indice WBGT a oscillé entre 21.1 et 31.1°C, avec des valeurs plus élevées à l'extérieur qu'à l'intérieur de la grange. Le soleil très présent durant les quarts de travaux observés, la température de globe noir s'est élevé jusqu'à 53.3°C à l'extérieur et 43°C à l'intérieur. Elle n'a jamais été inférieure à 24.9°C.

Le paramètre montrant les différences les plus marquées entre les conditions à l'intérieur du bâtiment et celles à l'extérieur est la vitesse de l'air. Celle-ci n'a jamais été plus de 0,2 m/s à l'intérieur tandis qu'elle s'est élevé jusqu'à 3,4 m/s à l'extérieur. La vitesse de l'air était souvent nulle à l'intérieur.

Le pourcentage d'humidité relative a été beaucoup plus élevé au mois d'août qu'au mois de juin. Ce pourcentage atteignant 72,5% à l'extérieur et 68.5% à l'intérieur durant le mois d'août et 50% à l'extérieur et 54.4% à l'intérieur au mois de juin.

4.3 L'astreinte thermique

4.3.1 La fréquence cardiaque

Le tableau III présente une synthèse des résultats portant sur la fréquence cardiaque. Les cas de dépassements de limites importants sont indiqués en rouge et en jaune on retrouve les cas de dépassements légers.

Tableau III
Synthèse des résultats portant sur la fréquence cardiaque (voir annexe G)

Sujet	Données personnelles						% max 195-0.67 (âge-25)	Dépassements							Brouha(1960), Vogt et Metz(1981) et Fuller et Smith (1981)		
	FC max. 220-âge	FC max. 195-0.67(âge-25)	FC repos	FC moy.	FC plaf.	% max 220-âge		MTA 5	MTA 10	MTA 20	MTA 30	MTA 45	MTA 60	MTA 90	P1 (dépassements)	P1-P3 (dépassements)	FC ther < 30 bpm (dépassements)
1	204	201	71	114	174	85.29%	86.57%	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○
1	204	201	71	114	190	93.14%	94.53%	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○
1	204	201	71	112	191	93.83%	95.02%	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○
1	203	200	77	133	176	85.70%	88.00%	-	-	○	-	○	-	○	○	○	○
1	203	200	81	120	166	81.77%	83.00%	-	-	-	-	-	-	-	○	-	○
1	203	200	83	128	158	77.83%	79.00%	-	-	-	-	-	-	-	Pas de pauses		
2	204	201	68	121	222	108.82%	110.45%	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-
2	204	201	68	128	188	92.18%	93.53%	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○
2	204	201	68	127	217	106.37%	107.96%	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	204	201	65	121	185	90.89%	92.04%	-	○	○	○	○	○	-	○	○	○
2	204	201	73	118	154	75.49%	76.62%	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○
2	204	201	63	111	160	78.43%	79.60%	-	-	-	-	-	-	-	Pas de pauses		
3	203	200	73	115	167	82.27%	83.50%	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○
6	204	201	76	108	157	76.96%	78.11%	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-
7	203	200	84	131	163	80.30%	81.50%	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○
7	203	200	83	125	173	85.22%	86.50%	-	-	-	-	-	-	-	○	-	○
7	203	200	71	121	177	87.19%	88.50%	-	-	-	-	-	-	-	Pas de pauses		
8	202	200	69	106	139	68.81%	69.50%	-	-	-	-	-	-	-	Les mesures n'ont pas été prises		
9	202	200	74	112	146	72.28%	73.00%	-	-	-	-	-	-	-	Les mesures n'ont pas été prises		
9	202	200	71	112	130	64.36%	65.00%	-	-	-	-	-	-	-	Les mesures n'ont pas été prises		

LÉGENDE	
	dépassement important
	léger dépassement
	aucun dépassement

Les résultats de fréquence cardiaque ont été obtenus comme suit :

- **La fréquence cardiaque de repos**

Bien que la fréquence cardiaque de repos d'un sujet puisse s'estimer de plusieurs façons, dans le cas présent, la deuxième valeur la plus faible au cours du travail a été privilégiée. D'après Mairiaux et Malchaire (1990), c'est la façon qui donne les meilleurs résultats. Sur l'enregistrement des fréquences cardiaques, la deuxième plus petite valeur de fréquence cardiaque était relevée pour chaque sujet.

Par exemple, le sujet 1 a une fréquence cardiaque de repos de 71 battements par minute puisque la plus petite valeur de l'enregistrement était 70 battements par minute et que la second plus petite valeur était 71 battements par minute.

- **La fréquence cardiaque moyenne**

La fréquence cardiaque moyenne est simplement déterminée selon la moyenne de toutes les valeurs de fréquences cardiaques prises aux cinq secondes par le cardiotachymètre. Pour le sujet 1, le 21 juin 2003, la moyenne des 4491 données enregistrées par le cardiotachymètre pour tout le quart de travail a donné une fréquence cardiaque moyenne de 114 battements par minute (voir tableau III).

- **La fréquence cardiaque plafond**

La fréquence cardiaque plafond est la fréquence cardiaque la plus élevée sur une période de cinq secondes atteinte durant le quart de travail. La données la plus élevée de l'enregistrement d'un quart de travail pour un sujet est alors relevée comme étant la fréquence cardiaque plafond. Pour le sujet 1, le 21 juin 2003, la fréquence cardiaque plafond a été de 174 battements par minute (voir tableau III).

- **La fréquence cardiaque maximale**

On peut utiliser deux formules pour calculer la fréquence cardiaque maximale d'un sujet. Dans les deux cas, la fréquence cardiaque maximale est déterminée par rapport à l'âge du sujet. Les deux formules sont :

- 1) $FC_{\max} = 220 - \text{âge}$
- 2) $FC_{\max} = 195 - 0,67(\text{âge} - 25)$

où FC_{\max} = Fréquence cardiaque maximale (bpm)
 âge = âge (années)

▪ Le pourcentage de fréquence cardiaque maximale

La fréquence cardiaque plafond obtenue durant le quart de travail (Mairiaux, et Malchaire, 1990) ne devrait pas dépasser 85% de la fréquence cardiaque maximale calculée. Lorsque cela se produit, la cadence devrait être réduite ou le travail arrêté. Dans le tableau des résultats présenté auparavant (voir tableau III), deux seuils furent utilisés soit un léger dépassement qui se situe de 85 à 90% de la fréquence cardiaque maximale et un dépassement important qui se situe à 90% et plus. La fréquence cardiaque maximale fut calculée pour les deux équations de fréquence cardiaque maximale. Puis on calcule le pourcentage de la fréquence cardiaque maximale à l'aide de l'équation suivante :

$$\%FC_{\max} = [FC_{\text{plafond}} / FC_{\max}] \times 100\%$$

Où $\%FC_{\max}$ = Pourcentage de la fréquence cardiaque maximale (bpm)

FC_{plafond} = Fréquence cardiaque plafond (bpm)

FC_{\max} = Fréquence cardiaque maximale (bpm)

exemple : Pour le sujet 1, le 21 juin 2003 :

$$\%FC_{\max} = [174 / 204] \times 100\% = 85,29\% \text{ pour l'équation 1 de la } FC_{\max}$$

$$\%FC_{\max} = [174 / 201] \times 100\% = 86,57\% \text{ pour l'équation 2 de la } FC_{\max}$$

▪ Les “ Moving-Time Average ” : calcul à partir de l'enregistrement

Le logiciel Polar S-Serie Precision aide à visualiser les données, mais ne permet pas d'obtenir des valeurs moyennes de fréquence cardiaque pour des fenêtres de temps de 5, 10, 20, 30, 45, 60 et 90 min. Un fichier Excel fut donc créé afin

d'obtenir ces moyennes et les comparer aux limites révisées pour les groupes d'âges de 16, 17 et 18 ans.

Par exemple, pour une fenêtre de temps de 5 min (MTA 5) la moyenne de chaque fenêtre de temps de 5 min est prise, c'est à dire la moyenne de la première à la cinquième minute de l'enregistrement, puis de la seconde à la sixième minute de l'enregistrement, puis de la troisième à la septième minute de l'enregistrement et ainsi de suite. Le même processus est répété pour des fenêtres de temps de 10, 20, 30, 45, 60 et 90 min.

exemple : Pour le sujet 1, le 21 juin 2003 :

L'enregistrement de la fréquence cardiaque (en bpm) prise aux cinq secondes, transformée en moyenne par minute, commence par les données suivantes :

109-109-110-108-110-103-95-107-140-122-108-128-138-113-101-101

Le MTA 5, donc la moyenne pour chaque fenêtre de cinq minutes serait donc calculé ainsi :

$$\text{MTA 5 (1)} = (109+109+110+108+110) / 5 = 109,2$$

$$\text{MTA 5 (2)} = (109+110+108+110+103) / 5 = 108$$

$$\text{MTA 5 (3)} = (110+108+110+103+95) / 5 = 105,2$$

$$\text{MTA 5 (4)} = (108+110+103+95+107) / 5 = 104,6$$

...et ainsi de suite

Le calcul de moyenne s'est fait de même pour les autres fenêtres de temps. Ces MTA furent comparés aux MTA limites révisés selon l'âge des sujets et indiqués au tableau I.

▪ **La méthode de Brouha et la composante thermique de la fréquence cardiaque**

Lors de chacune de leurs pauses, les sujets devaient prendre leur pouls pour les trente dernières secondes de chacune des cinq premières minutes, (P1 à P5). Ensuite, P1-P3 et la fréquence cardiaque d'origine thermique étaient calculés afin de les confronter aux limites déterminées par Brouha, Vogt et Metz.

exemple : Pour le sujet 1, le 21 juin 2003, à la première pause :

$$P1 = 136, P3 = 104, P4 = 102, P5 = 108$$

Donc,

1. $P1 = 136 \text{ bpm} > 110 \text{ bpm}$ donc dépassement de la limite
2. $P1-P3 = 136 - 104 = 32 \text{ bpm} > 10 \text{ bpm}$ donc la limite n'est pas dépassée
3. $FC_{\text{thermique}} = (104+102+108)/3 - 71 = 34 \text{ bpm} > 30 \text{ bpm}$ donc dépassement de la limite

Il y a donc surexposition puisqu'au moins une des conditions n'est pas respectée et que chacune de celles-ci devraient être respectée pour conclure qu'il n'y a pas surexposition.

4.3.2 Les résultats de température corporelle

Le tableau III présente les résultats de température corporelle. L'élévation de la température sub-linguale des sujets n'a jamais été de plus de 0.8°C tel que présenté dans les premières colonnes du tableau III (voir annexe H):

Tableau IV

Synthèse des résultats portant sur la température sub-linguale et la sudation

Sujet	Température sub-linguale			Sudation			
	Température buccale initiale (en degrés C)	Température buccale finale (en degrés C) (<37.5°C)	Différence de température (en degrés C)	Volumé sué par surface corporelle (l/m ²)	Débit sudoral en g/h (<650 g/h pour sujet non acclimaté)	déficits hydriques exprimés en % de la masse du sujet (<3%)	pertes hydriques exprimées en % de la masse du sujet (<5%)
1	-	37.40	-	1.358	620	0.8%	3.5%
1	36.6	37.10	0.5	1.513	620	0.4%	4.0%
1	36.2	36.80	0.6	1.723	383	-0.3%	4.5%
1	36.1	36.70	0.6	1.813	933	0.3%	4.6%
1	36.2	36.80	0.6	1.394	302	1.4%	3.6%
1	37	36.10	-0.9	0.201	202	-0.2%	0.5%
2	-	36.80	-	1.073	520	-1.1%	2.7%
2	36.4	36.80	0.4	1.181	519	-0.3%	3.0%
2	36	36.50	0.5	1.540	369	-0.3%	3.9%
2	36.1	36.40	0.3	1.856	688	2.6%	4.6%
2	36.3	36.60	0.3	1.135	263	0.9%	2.8%
2	36.1	35.80	-0.3	0.351	377	0.3%	0.9%
3	-	36.70	-	1.419	679	-0.4%	3.4%
6	36.3	37.10	0.8	NA	NA	NA	NA
7	35.6	36.20	0.6	2.031	673	0.9%	5.5%
7	36.2	35.90	-0.3	1.176	245	0.8%	3.2%
7	36.1	36.10	0.0	1.122	1083	0.8%	3.0%
8	36.2	36.60	0.4	2.518	533	0.8%	6.4%
9	36.7	36.50	-0.2	1.437	336	1.6%	3.5%
9	36.9	36.20	-0.7	0.939	1009	0.5%	2.3%

LÉGENDE	
	dépassement important
	léger dépassement
	aucun dépassement

4.3.3 Les résultats de pertes hydriques

Les pertes hydriques furent abondantes dans plusieurs cas (voir tableau IV), mais ne dépassaient pas les limites permises par ISO7933. Elles en étaient même très éloignées. Pour chaque sujet, l'annexe I présente le bilan des volumes de liquides bus, des volumes urinés, la teinte de l'urine, ainsi que la masse de la nourriture avalée durant le quart de travail. Ces données sont nécessaires pour calculer les résultats de pertes hydriques, de déficit hydrique et de débit sudoral.

- **Les volumes d'eau perdus par sudation et respiration**

Pour obtenir les volumes d'eau perdus par sudation et respiration, il faut d'abord connaître les volumes de liquides bus et urinés et la masse de la nourriture prise entre la pesée initiale et celle finale. Le calcul est le suivant :

$$V_{\text{eau perdu}} = \{[(V_{\text{bu}} - V_{\text{uriné}})/1000] - (m_{\text{final}} - m_{\text{initial}}) + m_{\text{nourriture}}\}$$

où $V_{\text{eau perdu}}$ = Volume d'eau perdu par sudation et respiration
(l)

V_{bu} = Volume de liquides bu (ml)

$V_{\text{uriné}}$ = Volume uriné (ml)

m_{final} = Masse du sujet à la fin du quart de travail (kg)

m_{initial} = Masse du sujet au début du quart de travail (kg)

$m_{\text{nourriture}}$ = Masse de la nourriture pris durant le quart (kg)

exemple : Sujet 1 , le 21 juin 2003 :

$$V_{\text{eau perdu}} = [(1991 \text{ ml} - 300 \text{ ml})/1000 (\text{kg/ml})] - (70,9 \text{ kg} - 71,5 \text{ kg}) + 0,24 \text{ kg}$$

$$V_{\text{eau perdu}} = 2,531 \text{ L}$$

▪ **Les volumes d'eau perdus par sudation et respiration par surface corporelle**

Le volume d'eau perdu par sudation et respiration exprimé en fonction de la surface corporelle est une autre donnée intéressante. Une fois la surface corporelle de chaque sujet et le volume d'eau perdu par sudation et respiration calculés, il suffit de faire le calcul suivant pour obtenir cette donnée :

$$V_{\text{eau perdu/surface}} = V_{\text{eau perdu}} / A_d$$

Où $V_{\text{eau perdu/surface}}$ = volumes d'eau perdu par sudation et respiration par unité de surface corporelle (L/m²)

$V_{\text{eau perdu}}$ = Volume d'eau perdu par sudation et respiration (l)

A_d = Surface corporelle du sujet en m²

exemple : Pour le sujet 1, le 21 juin 2003 :

$$V_{\text{eau perdu/surface}} = 2,531 \text{ l} / 1.8638 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{eau perdu/surface}} = 1,358 \text{ l/m}^2$$

▪ **Le débit sudoral en g/h**

La norme ISO7933 (Organisation Internationale de Normalisation, 1989) de présente une limite de débit sudoral pour des gens acclimatés et des gens non-acclimatés. Pour cette raison, le débit sudoral est particulièrement intéressant puisqu'il peut ensuite être confronté à la limite de 650 g/h pour un sujet non-acclimaté. La façon dont ce débit a été calculé est la suivante :

$$SW = (V_{\text{eau perdu}} \times 1000) / \Delta t$$

Où SW = débit sudoral (g/h)

$V_{\text{eau perdu}}$ = Volume d'eau perdu par sudation et respiration (l)

Δt = durée du quart de travail

exemple : Pour le sujet 1, le 21 juin 2003 :

$$SW = (2,531 \text{ l} \times \text{kg/l} \times 1000 \text{ g/kg}) / 4,08 \text{ h}$$

$$SW = 620 \text{ g/h}$$

▪ **Les déficits et les pertes hydriques exprimés en fonction de la masse du sujet**

Le pourcentage de masse du sujet perdu par sudation, respiration et miction peut être calculé en estimant la dépense métabolique de l'activité ou directement par mesure de la masse de ce qui a été bu, uriné et mangé ainsi que la masse initiale et finale du sujet, tel que proposé dans la proposition 2000 de ISO7933 (Malchaire, 2000). Le calcul se fait alors comme suit :

$$P = [(V_{\text{eau perdu}} \times \text{kg/l}) / m_{\text{initial}}] \times 100\%$$

Où P = Pertes hydriques en pourcentage de la masse du sujet (%)

$V_{\text{eau perdu}}$ = Volume d'eau perdu par sudation et respiration (l)

m_{initial} = Masse du sujet au début du quart de travail (kg)

Pour obtenir les pertes hydriques (déshydratation), le calcul est fait sans tenir compte de ce qui a été bu par le sujet durant le quart de travail.

exemple : Pour le sujet 1, le 21 juin 2003 les pertes hydriques:

$$P = [(2,531 \text{ l} \times \text{kg/l}) / 71,5 \text{ kg}] \times 100\%$$

$$P = 3,54\%$$

Pour obtenir le déficit hydrique, le calcul est fait en tenant compte de ce qui a été bu par le sujet durant le quart de travail. Le calcul devient alors :

$$D = [(V_{\text{eau perdu}} \times \text{kg/l}) / m_{\text{initial}}] \times 100\%$$

Où D = Déficit hydrique en pourcentage de la masse du sujet (%)

$V_{\text{eau perdu}}$ = Volume d'eau perdu par sudation et respiration (l)

m_{initial} = Masse du sujet au début du quart de travail (kg)

exemple : Pour le sujet 1, le 21 juin 2003 le déficit hydrique:

$$D = [(2,531 \text{ l} \times \text{kg/l} - 1,991) / 71,5 \text{ kg}] \times 100\%$$

$$D = 0,76\%$$

CHAPITRE 5

LA DISCUSSION

5.1 La contrainte thermique

Puisque la situation étudiée déborde de l'application de l'indice WBGT, l'analyse de la situation n'a pas été faite sur la base de cet indice. D'ailleurs, Wasterlund (1996) proposait que le WBGT et les autres indices ne soient pas utilisés pour estimer la contrainte thermique en agriculture. Le fait que les sujets soient des adolescents et non des adultes, que le rayonnement soit si important, que les sujets ne soient pas acclimatés à la tâche et que l'horaire de travail ne soit pas de 8 h par jour fait en sorte que l'indice WBGT n'était pas un bon indice dans la situation présentée.

La température globe a été particulièrement élevée à l'extérieur. Les journées de travail étant ensoleillées, de telles valeurs étaient à prévoir. De plus, la température globe a été élevée à l'intérieur, ce qui était prévisible puisque les toits des granges étaient en tôle et que plus la journée avançait, plus les sujets travaillaient près du toit, l'empilement de balles de foin devenant plus élevé. Théoriquement, le rayonnement d'un toit ne devrait pas changer beaucoup avec la distance. Par contre, dans ce cas-ci, le rayonnement du toit de tôle était important et plus les sujets s'en rapprochaient, plus ils le percevaient. Pour une même journée, la température globe augmentait à mesure que l'heure avançait. Comme plusieurs chercheurs le mentionnent (Pandolf et al, 1979, Shapiro et al., 1988) une expérience en laboratoire ne pourrait pas simuler aussi bien le rayonnement tel qu'observé sur le site. L'observation se doit donc d'être faite sur place pour ce type de recherche.

La vitesse de l'air était pratiquement nulle à l'intérieur du bâtiment. Le fenil étant un endroit restreint entouré de quatre murs et n'ayant qu'une petite ouverture pour y laisser passer les balles de foin, l'air y circule très peu, d'autant plus que l'endroit n'est pas ventilé mécaniquement. Une ventilation est recommandable particulièrement dans les zones de travail en autant que la température de l'air soit inférieure à celle de la peau. Cette faible vitesse de l'air vient ajouter à la condition de contrainte thermique puisque les échanges de chaleur par convection et par évaporation sont alors influencés (Dessureault, Lyagoubi et Couture, 1997). À l'extérieur par contre, le vent a augmenté la convection, rendant les conditions plus agréables. La vitesse de l'air relative à la personne, due à l'activité, était pratiquement nulle puisque les mouvements corporels sont limités aux bras alors que les jambes travaillent en statique.

Le pourcentage d'humidité dans l'air, a été plus variable que les autres données. Il ne semble pas y avoir de différences marquées entre l'humidité relative à l'intérieur et à l'extérieur de la grange. Le pourcentage d'humidité relative a oscillé entre 17% et 72,5% au mois d'août, et entre 30,8% et 54.4% au mois de juin.

Pour tenter de contrer la contrainte thermique, une façon de faire serait de privilégier le repos entre les charges de foin dans des endroits frais ou de permettre la baignade, lorsque cela est possible.

5.2 L'astreinte thermique

5.2.1 La fréquence cardiaque

Des cardiotachymètres furent déjà utilisés par différents chercheurs (Meyer et al. 2001, Bernard et Kenney 1994) pour recueillir des fréquences cardiaques en continu. Sayers (1971) rappelle que des résultats ambigus peuvent apparaître dans les enregistrements à différents moments puisque plusieurs facteurs affectent la fréquence cardiaque. Lors de la recherche, aucun résultat ambigu n'est apparu.

Dessureault et Doucet (2001) indiquent que la fréquence cardiaque est un indice plus prudent du fait que l'astreinte cardiaque est plus précoce que les deux autres domaines de l'astreinte thermique (température profonde et sudation). Ceci semble confirmé par la présente recherche puisque l'on note davantage de dépassements des limites de fréquences cardiaques (fréquence cardiaque moyenne, 85% de la fréquence cardiaque maximale, méthode de Brouha, MTA) que des limites de débit sudoral ou de pertes hydriques, rarement dépassées, ou de température sub-linguale, qui ne compte aucun dépassement. Dans tous les cas où les limites de température et de sudation ont été dépassées, au moins une limite de fréquence cardiaque était aussi dépassée.

Malchaire (1999) indique que la fréquence cardiaque est considérée comme le meilleur indice de récupération. En effet, il serait assez difficile de mesurer la récupération par la température sub-linguale ou par les pertes hydriques du fait que le temps de réaction est plus long que celui de la fréquence cardiaque. Le fait que la fréquence cardiaque soit enregistrée en continu et que ce ne soit pas le cas pour les deux autres domaines de l'astreinte thermique (puisque ceux-ci sont plus difficilement mesurables en continu) démontre bien que cette dernière est plus facile à utiliser.

Sur les enregistrements de fréquence cardiaque (Voir annexe J), les périodes d'efforts intenses sont facilement identifiables, représentées par des fréquences cardiaques plus élevées lorsque les adolescents sont affairés à engranger le foin, tel qu'illustré à la figure 10. Lorsque la pause commence, la fréquence cardiaque chute jusqu'au prochain effort. Le nombre de charges entrées sur un quart de travail peut pratiquement être déterminé sur l'enregistrement en comptant le nombre de vagues de tachycardie. Il est facile d'obtenir les mesures requises par la méthode de Brouha en se basant seulement sur les marques inscrites au bas de l'enregistrement (voir les marques numérotées de 1 à 18 au bas de la figure 10) correspondant aux moments où les sujets ont appuyé sur le bouton pour marquer le moment de leur pause. Cela facilite l'utilisation de la méthode de Brouha. Cette façon de prendre les indices requis par la méthode de Brouha fait en sorte que l'individu ne sait que lorsqu'il vérifie l'enregistrement s'il aurait dû arrêter le travail parce qu'il dépassait les limites. C'est donc une façon de faire qui n'est pratique que lors

de la prise de données pour une recherche et non comme outil auto-diagnostique. Pour utiliser la méthode de Brouha comme outil auto-diagnostique, il faut utiliser une montre pour prendre sa fréquence cardiaque et calculer P1 à P5 à chaque pause.

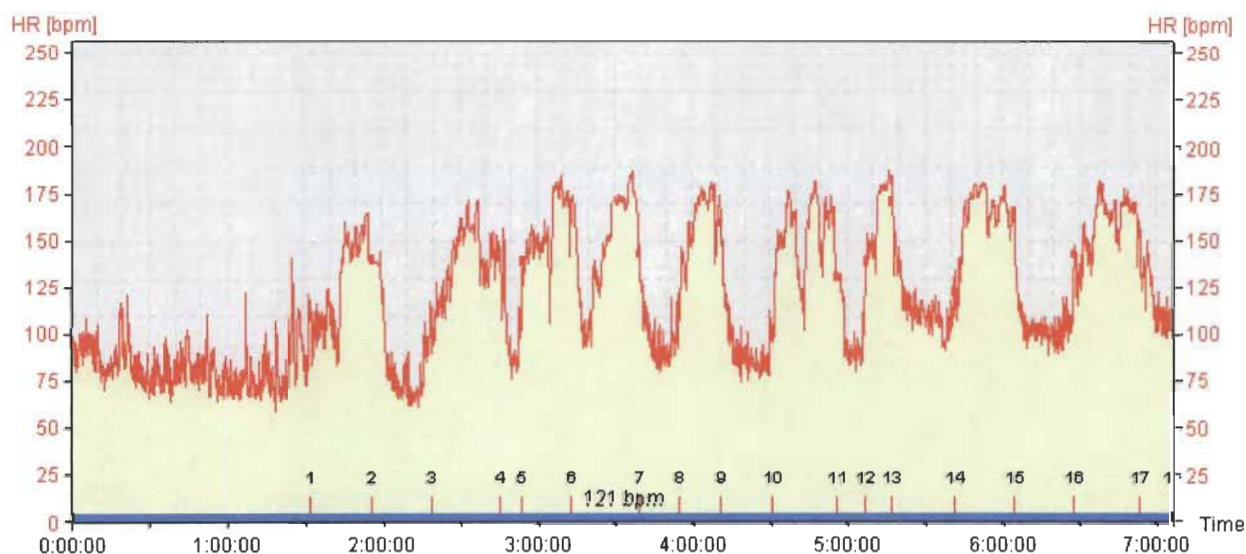


Figure 10 : Enregistrement typique de la fréquence cardiaque lors d'un quart de travail d'engrangement de foin (sujet 2, le 14 août 2003)

L'enregistrement peut aussi être donné sous forme d'histogramme et de « Scatterogram » (voir annexe J). Ce dernier indique la dispersion des données tandis que l'histogramme propose une distribution des fréquences cardiaques. La fréquence à laquelle l'individu atteint un certain rythme cardiaque est alors facilement déterminable. Cela permet de déterminer la médiane et d'examiner l'enregistrement de fréquence cardiaque de façon sommaire pour déceler toute anomalie.

5.2.1.1 Les fréquences cardiaques de repos, moyenne et plafond

■ La fréquence cardiaque de repos

La fréquence cardiaque de repos, peut s'estimer de plusieurs façons, tel que vu à la section 2.2.1.1. La deuxième valeur la plus faible fut utilisée puisqu'elle est simple à repérer et qu'ainsi la mesure n'est pas influencée par la nervosité qui peut se faire ressentir du fait que le sujet sait que l'expérimentateur compte sa fréquence cardiaque de repos.

La fréquence cardiaque de repos a oscillé entre 63 et 84 battements par minute. Typiquement, plus la fréquence cardiaque de repos est faible, plus la personne est en bonne condition physique. Les conditions physiques des adolescents qui ont participé à l'étude variaient d'un sujet à l'autre. Les sujets étudiés ne sont pas des athlètes. Un seul d'entre eux, celui qui avait une fréquence cardiaque de repos qui oscillait entre 63 et 73 battements par minute pour les différents quarts de travail, faisait régulièrement de l'activité physique. La fréquence cardiaque de repos a été prise sur le terrain sous les conditions ambiantes de la journée en question. Puisque les conditions de contrainte thermique étaient différentes d'une journée à l'autre, la fréquence cardiaque de repos changeait légèrement d'un quart de travail à un autre pour un même sujet. Les conditions étant différentes d'un quart de travail à l'autre, surtout entre les quarts de travail du mois de juin et ceux du mois d'août, la variabilité des fréquences cardiaques de repos ont variées pour un même sujet.

- **La fréquence cardiaque moyenne**

La fréquence cardiaque moyenne, a dépassée la limite de 110 battements par minute pour tous les sujets lors de chaque quart de travail à l'exception de deux cas où les fréquences cardiaques moyennes furent de 108 et 106 bpm (voir tableau III). Cela pourrait être corrigé si les sujets prenaient plus de pauses, s'ils allongeaient celles qu'ils prennent déjà ou encore s'il ralentissaient la cadence. Toutes ces façons de faire feraient baisser la fréquence cardiaque moyenne. Il a été observé que les deux sujets qui n'ont pas dépassé la limite de fréquence cardiaque moyenne ont travaillé à une cadence plus modérée. Ceux-ci ont jugé que le travail était trop lourd pour eux et on décidé d'abandonner après un quart de travail. La cadence libre et sans pression est à recommander ainsi que la rémunération à l'heure afin de permettre aux adolescents de ralentir le rythme et de prendre des pauses plus longues ou plus fréquentes.

- **La fréquence cardiaque plafond et maximale**

La fréquence cardiaque plafond a dépassé la limite de 85% de la fréquences maximale à plus d'une reprise. Que ce soit par le calcul de $220 - \text{âge}$ (Mairiaux et Malchaire, 1990) qui fut dépassé dix fois sur les 20 quarts de travail ou par celui de $195 - 0.67(\text{âge} - 25)$ (Bernard et Kenney, 1994) qui fut aussi dépassé le même nombre de fois, pour les mêmes quarts de travail. Bien que la fréquence cardiaque maximale calculée par la seconde équation soit considérée comme plus précise, l'équation $220 - \text{âge}$ se calcule plus rapidement. Pour des adolescents de 16 à 18 ans, l'équation $220 - \text{âge}$ est légèrement moins limitante. Les dépassements de ces deux limites se présentaient sur les mêmes quarts de travail, ce qui laisse supposer que l'utilisation de l'une ou l'autre équation n'affecte guère les résultats.

Lorsqu'un sujet dépassait la limite de 85% de la fréquence cardiaque maximale, cela se produisait le plus souvent alors qu'il effectuait la tâche de lancer les balles de foin. Cette tâche était la plus exigeante de l'engrangement du foin et les fréquences cardiaques les plus élevées ont été obtenues lors de cette tâche. Ceux qui n'effectuaient pas cette tâche durant un quart de travail entier ne dépassaient pas la limite. La tâche ne se faisait d'ailleurs pas par une seule personne pour une longue période de temps. Les sujets devaient alterner parce que le lancer des balles était plus exigeant que les autres tâches. Une rotation fréquente est alors primordiale pour ne pas dépasser les limites de fréquences cardiaques maximales. Il serait donc recommandable d'exiger que les travailleurs fassent cette rotation à chaque charge de foin pour éviter que la personne effectuant ce travail ne s'épuise.

5.2.1.2 Les « *Moving-Time Average* »

L'utilisation des MTA ("Moving-Time Average") comme limites était plus pratique que la mesure de consommation d'oxygène lors de la réalisation de la tâche, tel que le suggérait Åstrand et Rodahl (1970). Puisque les calculs de MTA ne sont faits qu'à la fin

du quart de travail, cette limite ne pouvait donc pas être utilisée comme indicateur pendant le travail.

Les MTA limites recalculés pour l'âge ont été dépassés à quelques reprises. Ces dépassements ont eu lieu alors que les limites de la fréquence cardiaque moyenne et de 85% de la fréquence maximale étaient dépassées sur le même enregistrement. Les dépassements étaient moins fréquents que ceux des autres limites de fréquence cardiaque, ce qui laisse présager que ces limites ne sont pas aussi limitatives que les autres pour ces sujets. De plus, les MTA limites recalculés pour l'âge ont dû être établis à partir des mêmes calculs que Bernard et Kenney (1994) avaient utilisés lors de l'élaboration de limites pour d'autres groupes d'âge. Ces limites étaient moins limitatives que celles présentées par Bernard et Kenney (1994). Les dépassements étaient donc moins fréquents. En effet, avec les limites recalculées pour des sujets de 16 à 18 ans, des dépassements sont survenus lors de 4 quarts de travail sur 20. Ce nombre était plutôt de 9 quarts de travail sur 20 lorsque les limites pour les 20 à 35 ans de Bernard et Kenney étaient utilisées.

Le but ultime pour les études à venir sera d'élaborer un programme de surveillance de l'astreinte thermique dans des conditions qui ne permettent pas l'application des normes basées sur le WBGT. Il est supposé que des limites de fréquence cardiaque par fenêtre de 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90 seraient plus élevées pour les jeunes âgés de 16 à 18 ans que pour les autres groupes d'âge pour lesquels ces limites ont déjà été déterminées par Bernard et Kenney (1994). Une fois ces limites déterminées pour un groupe de 16 à 18 ans, il faudrait que les jeunes qui engrangent le foin s'approprient cette méthode. La méthode de Brouha et la composante thermique de la fréquence cardiaque semblent plus appropriées puisqu'elles sont plus accessibles du fait qu'elles ne requièrent qu'une montre et non un cardiotachymètre pouvant calculer les MTA.

5.2.1.3 La méthode de Brouha et la composante thermique de la fréquence cardiaque

Dans le contexte étudié, les dépassements de la limite de 110 battements par minute pour P1 se présentaient dans tous les cas vérifiables, donc plus fréquemment que pour les deux autres limites. La fréquence cardiaque lors d'une période intense de travail était donc trop élevée le plus souvent. O'Neil (1999) montre que les travaux miniers, ceux de construction et l'agriculture sont considérés comme les métiers les plus demandant en énergie humaine, ce qui explique que la limite de P1 soit si souvent dépassée. La limite de récupération d'au moins 10 battements par minute pour P1-P3 était dépassée moins souvent. Un dépassement de cette limite suppose que la chaleur du corps ne se dissipe pas assez rapidement lors du repos (Bernard et Logan, 1999). Le gabarit des sujets étant modeste, la chaleur se dissipe plus facilement puisque le rapport surface/volume de leur corps est alors élevé. Cela explique pourquoi on retrouve moins de dépassement de cette limite que de celle de P1 qui doit être plus bas que 110 battements par minute. La limite de la composante thermique de la fréquence cardiaque était moins souvent dépassée que la limite de P1. La contrainte thermique était tout de même importante et plusieurs dépassements de la limite de 30 battements par minute pour la composante thermique de la fréquence cardiaque ont été observés. La nature difficile du travail semble présenter un problème plus important que l'absence d'acclimatement des sujets et que le fait que le travail soit fait en situation de contrainte thermique. Bien entendu, la combinaison de la nature difficile du travail, du manque d'acclimatement des sujets et la condition de contrainte thermique rend le travail d'autant plus dur.

La méthode de Brouha semble un bon outil puisqu'elle indique des dépassements, dans le cas étudié, à tous les endroits où les MTA limites, la fréquence cardiaque moyenne, la fréquence cardiaque plafond et le débit sudoral indiquent des situations inacceptables (voir tableau III et IV).

La méthode de Brouha et la composante thermique de la fréquence cardiaque sont d'utilisation facile et se prennent très rapidement lors d'un simple repos assis de cinq minutes sur les lieux de travail. Lorsque la technique est bien expliquée, les sujets semblent bien comprendre la façon de faire et les limites indiquées. Cette technique

pourrait donc être enseignée aux adolescents qui engrangent du foin avant le début du travail et, à l'aide d'une montre seulement, ils pourraient utiliser cette méthode. Bien entendu, les jeunes doivent prendre des pauses suffisamment longues pour permettre les mesures requises par la méthode de Brouha et la composante thermique de la fréquence cardiaque. Aussi, la composante thermique de la fréquence cardiaque est plus difficile à calculer. Idéalement, il faudrait pouvoir se baser sur P1-P3 seulement, mais il reste à vérifier si cet indice serait suffisamment prudent.

Pour ce qui est de l'application de la méthode de Brouha pour des jeunes de 16 à 18 ans, celle-ci reste à vérifier. Puisque Brouha a été élaboré pour des travailleurs moyens, on pourrait supposer que la limite de 110 bpm pour P1 serait trop prudente. D'autre part, la limite de P1-P3 devrait absolument être d'au moins 10 bpm et même peut-être plus pour ce groupe d'âge. Étant jeunes, la fréquence cardiaque des sujets augmentait très rapidement. La récupération se doit donc d'être rapide pour des systèmes qui répondent aussi vite et dont la fréquence cardiaque maximale est plus élevée.

La méthode de Brouha s'applique facilement sur le terrain. Il faudrait reprendre l'expérience avec la même méthodologie et un nombre de sujets plus important, peut-être même doubler l'échantillon, afin de confirmer les tendances remarquées. Une telle recherche viendrait combler le manque de recherches, sur le terrain avec un grand nombre de sujets, utilisant la méthode de Brouha et la composante thermique de la fréquence cardiaque (Meyer et Payot, 2000).

Brouha serait donc un outil pratique, qui ne requiert qu'une montre et protégeant les travailleurs dans la situation présentée au même titre, et même plus, que le WBGT et ISO7933 lorsqu'ils sont utilisés dans leur domaine d'application en ambiance de contrainte thermique. Les gens pourraient de plus l'apprendre facilement.

5.2.2 La température corporelle

Aucune élévation excessive de la température corporelle ne s'est produite puisque la température sub-linguale est demeurée loin de la limite de 37.5°C (voir tableau IV). L'élévation de la température sub-linguale des sujets n'a d'ailleurs jamais été de plus de 0.8°C (pour le sujet 6). Le gabarit modeste des sujets rendant le ratio surface/volume élevé pourrait expliquer cette faible élévation dans la température sub-linguale (Dennis et al., 1999). En effet, les sujets observés étaient tous assez grands et leur masse variait de 67 à 109 kg, ce qui est représentatif des jeunes qui engrangent du foin. Ceux-ci dissipent donc la chaleur par évaporation plus efficacement grâce à leur ratio surface/volume élevé.

Plusieurs chercheurs (McNeil, 1999, Wyndham et al., 1965, Malchaire, 1999 et Griefahn, 1999) trouvent la limite de température profonde de 38°C trop prudente. Pourtant, dans ce cas-ci, le domaine cardiaque avec la méthode de Brouha, la composante thermique de la fréquence cardiaque et les Moving-Time Average semble plus prudent.

Il est à noter que la prise de la température autre que sub-linguale aurait été difficile. Cette façon de prendre la température corporelle fut bien acceptée par les sujets malgré le fait qu'ils ne devaient pas respirer par la bouche pendant deux minutes ni boire pendant 15 min précédant cette prise de données.

5.2.3 La sudation

5.2.3.1 La débit sudoral en g/h

À six reprises le débit sudoral a dépassé la limite de 650 g/h permise pour les gens non-acclimatés. Ces dépassements se sont produits surtout le 14 et 17 août alors que les quarts de travail étaient plus courts et les pauses moins longues. Le producteur agricole devrait donc s'assurer que les personnes engrangeant le foin aient suffisamment de pauses et il devrait privilégier une cadence libre et sans pression. De plus, la

rémunération à l'heure plutôt qu'à forfait aiderait la situation puisque de cette façon les adolescents adopteraient une cadence moins élevée et prendraient plus de pauses.

Normalement, ces dépassements au niveau du débit sudoral auraient dû entraîner des élévations de température centrale, ce qui n'est pas le cas de façon prononcée. D'ailleurs, dans un des cas, il y a même eu une baisse de température durant le quart de travail. Ceci pourrait être dû au fait que les sujets étaient acclimatés plus qu'on le croirait. Pourtant, les sujets, qui ne pratiquaient pas de sports de façon régulière et qui n'avaient pas d'autres emplois durant l'été, n'étaient pas plus acclimatés au mois de juin qu'au mois d'août.

Dans ces cas de dépassements du débit sudoral, on a aussi noté un dépassement des limites proposées par Brouha ou de la composante thermique de la fréquence cardiaque, bien que les MTA limites et de fréquences cardiaques plafonds n'aient pas toujours été dépassés. La méthode de Brouha ajoutée à la composante thermique de la fréquence cardiaque serait donc plus sensible à l'astreinte thermique que le débit sudoral. Un dépassement par la méthode de Brouha ou de la composante thermique de la fréquence cardiaque est noté à la première pause qui suit un effort trop grand en condition de contrainte thermique. Le débit sudoral n'étant connu qu'à la fin du quart de travail, une fois la dernière pesée effectuée, cette limite est moins pratique sur le terrain puisque le sujet ne sait pas immédiatement s'il devrait ralentir la cadence ou même cesser le travail immédiatement.

Le débit sudoral ne pose pas de problème en soit sauf s'il est inférieur au débit sudoral requis. Il aurait été souhaitable d'estimer ce dernier avec l'équation d'ISO7933 (Organisation internationale de Normalisation, 1989), mais puisque la charge métabolique doit alors être évaluée pour ce faire et que c'était impossible vu la nature de la tâche, l'équipe de recherche s'est basé sur un débit sudoral limite désigné par ISO7933 pour des gens non acclimatés.

5.2.3.2 *Les pertes et déficits hydriques*

Les pertes hydriques ont été abondantes dans plusieurs cas (voir tableau IV). Le volume perdu par sudation a même dépassé 2 l/m^2 dans deux cas, pour les sujets 7 et 8. Tous les sujets ont compensé ces pertes par des breuvages qu'ils prenaient abondamment. Les sujets aux plus fortes sudations ont le plus bu. Le fait que les breuvages aient été gratuits a certainement aidé la cause puisque certains sujets sont arrivés sur place avec très peu à boire. Le remplacement de fluides est important (Marriott, 1993, Mariott et Rosemont, 1994) et encouragé par l'équipe de recherche. Il était recommandé aux sujets de boire 50% d'eau et 50% de jus ou de liquides de remplacement, ce qu'ils ont fait en majorité. Par contre, on peut supposer que sans ces apports de liquides fournis par les chercheurs, l'astreinte thermique aurait été plus grande. Fournir des breuvages à température variant entre 12 et 14°C, de nature variée (eau, jus et boissons de remplacement) et à volonté serait une bonne recommandation à faire aux producteurs agricoles qui engagent des adolescents pour engranger le foin.

Aucun sujet n'a eu un déficit hydrique de plus de 3% de sa masse corporelle. La perte de masse la plus élevée fut de 2.6%. Le sujet 8 a perdu 6,4%, ce qui dépasse la limite de 5% prévue par la proposition 2000 de ISO7933. Ici encore les pertes hydriques ont été compensées par les breuvages à la disposition des sujets puisque, bien que le sujet 8 ait dépassé la limite de pertes hydriques, il n'a pas dépassé celle de déficit hydrique.

La technique utilisée pour mesurer les pertes hydriques fut celle de la pesée avant et après le quart de travail. Comme Bishop (1994) le proposait, les quantités urinées et les volumes bus furent pris en note. Cette façon de faire, bien que demandant de la supervision, a facilité l'analyse puisqu'aucune approximation de la charge métabolique n'était nécessaire. C'est donc une méthode plus directe qui ne demande pas d'approximations, mais qui demande beaucoup de rigueur sur le site. Il faut s'assurer que les sujets prennent tout le contenu d'une bouteille avant de noter que son contenu a été absorbé en entier sinon les volumes bus pourraient ne pas être justes et les données seraient alors faussées.

5.3 Les discussions générales

5.3.1 La littérature et le contexte étudié

Les adolescents font rarement l'objet d'études et aucune recherche sur les adolescents oeuvrant dans le secteur de l'agriculture au Québec n'a été trouvée. Wagner (1972) est le seul auteur trouvé qui ait travaillé sur l'astreinte thermique et les adolescents. Pour la recherche présente, il a fallu extrapoler à partir des recherches de Bernard et Kenney (1994) afin de déterminer des limites pour des gens âgés de moins de 20 ans. Les jeunes travaillent avant cet âge et c'est pourquoi des limites qui englobent des gens aussi jeunes que 16 ans sont nécessaires. La contrainte thermique et l'agriculture, sont plus souvent étudiées de pair dans des régions tropicales. Un contexte regroupant les adolescents, l'agriculture québécoise et la contrainte thermique reste donc à explorer plus à fond. Puisque les données semblaient être convergentes, un échantillon d'une cinquantaine de sujets serait souhaitable afin de confirmer les tendances observées.

5.3.2 L'extension à d'autres secteurs

La portée de la recherche pourrait s'étendre afin de développer un ensemble de limites basées sur des paramètres physiologiques applicables sous toutes conditions environnementales telles humidité élevée et port de vêtements réduisant l'évaporation corporelle. Il faudrait observer un travail plus léger fait dans des conditions de contrainte thermique pour assurer que ces limites sont applicables dans diverses situations. De cette façon, les travailleurs seraient protégés par des indices qu'ils pourraient mesurer eux-mêmes, ce qui réduirait le risque de coups de chaleur ou de déshydratation en ambiance chaude. Un programme de surveillance qui puisse être utilisé n'importe où et par des gens peu scolarisés, le tout à faible coût, pourrait ainsi être élaboré. Bien entendu, ce programme devra protéger adéquatement les travailleurs au même titre que l'indice WBGT et la norme ISO7933 pour d'autres types d'emplois plus conventionnels en ambiance chaude. Les résultats pourraient être utilisés dans tout domaine où l'on

retrouve ces conditions spéciales (horaires irréguliers, travailleurs adolescents, rayonnement important, travailleurs non acclimatés), non uniquement pour le travail étudié et pour des gens de tous âges (non seulement les adolescents).

Les secteurs de la construction et de la foresterie sont aussi affectés par la contrainte thermique et aucun programme n'existe pour eux bien qu'ils présentent les mêmes problèmes que l'agriculture. Une fois le programme bien rodé en agriculture, il serait intéressant de poursuivre les recherches pour étendre les résultats à ces secteurs qui ont aussi la particularité d'être des secteurs où des gens de tous âges sont dispersés sur le territoire Québécois, donc difficiles à rejoindre en temps opportun. Il faudrait alors vérifier si la surveillance peut être faite par les travailleurs.

5.3.3 La surveillance médicale prévue par la réglementation

Dans des conditions où l'indice WBGT ne s'applique pas, il y a un vide au niveau de la réglementation. D'autre part, selon la réglementation québécoise, lorsque l'indice WBGT (norme québécoise dans le domaine de la contrainte thermique) est dépassé pour différentes raisons, on doit instaurer une surveillance médicale. Cette surveillance médicale n'a jamais été déterminée. Les limites basées sur l'astreinte thermique plutôt que la contrainte thermique sont plus sécuritaires car elles prennent en considération les différences interindividuelles : elles pourraient être utilisées comme surveillance médicale. La surveillance médicale prévue par la réglementation québécoise lorsque l'indice WBGT ne s'applique pas pourrait donc bénéficier des recherches présentes et à venir sur l'astreinte thermique.

5.3.4 L'éducation et l'utilisation du programme

Suite à cette recherche, il faudrait élaborer un programme d'éducation aux producteurs et aux adolescents travaillant pour eux. Les adolescents pourraient être rejoint par les infirmières en milieu scolaire ou dans le secteur de la santé et la sécurité au travail dans les régions où l'engrangement de foin est présent. Le programme devrait sensibiliser aux effets pathologiques dus à la contrainte thermique tels : le coup de chaleur, la syncope à la chaleur, les crampes de chaleur, les déficits hydriques et sodiques et les affections cutanées. Il devrait aussi informer sur la prise de mesures de l'astreinte thermique. La technique de Brouha étant facile d'utilisation, donnant un résultat immédiatement au travailleur, et bien corrélée aux autres limites, elle pourrait facilement être enseignée et utilisée par les travailleurs, même peu scolarisés.

5.3.5 Les études à venir

L'étude présentée ayant été faite avec un petit groupe de sujets, il serait maintenant intéressant de reprendre la même méthodologie pour refaire l'expérience avec plus de sujets (une cinquantaine). Cet ajout à la banque de données permettrait de confirmer les tendances identifiées ici. Une étude plus vaste qui engloberait les facteurs organisationnels, techniques et personnels devrait être entreprise afin de prendre en considération tous les facteurs affectant le travail d'engrangement du foin. Ainsi, les horaires, la rémunération, le poids des balles de foin, la disposition, la ventilation dans les bâtiments, l'acclimatement des sujets, leur masse corporelle, leur habillement et leur capacité aérobique pourraient être étudiés de pair avec l'astreinte thermique. Le résultat de ces recherches devrait alors être enseigné aux producteurs agricoles et aux travailleurs de ce secteur. Finalement, le programme pourrait être confronté aux secteurs de la foresterie et de la construction par la suite.

CONCLUSION

Ce rapport présente une recherche sur la faisabilité de l'utilisation de l'autosurveillance basée sur l'astreinte thermique pour des adolescents engrangeant le foin. L'étude de la sudation, température corporelle et de la fréquence cardiaque sur les vingt quarts de travail observés démontre que la fréquence cardiaque est plus précoce que les deux autres domaines de l'astreinte thermique. La température corporelle n'ayant jamais dépassée la limite de 38°C et le déficit hydrique n'excédant jamais les limites de pourcentage de perte de masse corporelle due aux pertes hydriques ou aux déficits hydriques présentées par ISO7933, la fréquence cardiaque est retenue comme limite applicable sous les conditions observées.

La méthode de Brouha et celle de la composante thermique de la fréquence cardiaque indiquaient aussi une situation inacceptable dans tous les cas de dépassement du débit sudoral, des MTA limites et de fréquences cardiaques maximale et moyenne. Ainsi, ces limites étant plus précoces, elles deviennent un outil pratique et accessible puisque la méthode ne requiert qu'une montre que l'on utilise lors de pauses de cinq minutes. Bien entendu, ce programme se doit de protéger adéquatement les travailleurs au même titre que l'indice WBGT et ISO7933 pour d'autres types de tâches en ambiance chaude. Les résultats pourraient être utilisés dans tout domaine où l'on retrouve ces conditions spéciales, même avec des adultes, et non uniquement pour le travail étudié. La surveillance médicale prévue par la réglementation québécoise dans les cas qui débordent l'application de l'indice WBGT ou encore lorsqu'il ne peut être respecté pourrait certainement bénéficier de cette recherche dans son développement à venir.

L'objectif de ce rapport a donc été atteint puisqu'il a permis de démontrer la faisabilité de l'utilisation de l'autosurveillance basée sur l'astreinte thermique dans la situation présentée en vérifiant la viabilité de certaines limites ainsi que la précocité de l'astreinte cardiaque. Encore faut-il s'assurer que la méthode de Brouha et la composante thermique de la fréquence cardiaque, qui semblent un bon outil, ne soient pas trop précoces et que les gens pourraient utiliser ces limites dans un programme d'autosurveillance à venir. L'extrapolation des MTA limites a de plus été étudié afin d'assurer sa validité pour les sujets de 16 à 18 ans.

La même recherche devrait être refaite avec un plus grand échantillon de sujets (une cinquantaine) afin de confirmer les tendances obtenues. Il est donc recommandé d'effectuer une étude plus vaste qui engloberait l'ensemble des facteurs organisationnels, techniques et personnels.

RECOMMANDATIONS

- Prévoir une période de repos d'une dizaine de minutes (ce qui était fait dans le cas étudié) entre chaque charge de foin et permettre aux travailleurs de se rafraîchir dans un endroit frais et ventilé ou de se baigner.
- Privilégier une cadence libre, sans pression, ni des pairs, ni des employeurs.
- Fournir à volonté des breuvages de température variant entre 12 et 14°C, de nature variée (eau et boissons de remplacement).
- Laisser les dernières charges dehors pour la nuit par beau temps et entrer ces charges le matin alors que la contrainte thermique est moins importante.
- Privilégier la rémunération à l'heure plutôt qu'à forfait et en vérifier l'effet.
- Ventiler le bâtiment en général et spécifiquement dans la zone de travail et de repos.
- Alternier le travail au champ (ex. opérer un tracteur avec cabine climatisée) et l'engrangement du foin, et le travail à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment.
- Élaborer un programme d'éducation permettant aux producteurs et travailleurs de gérer la contrainte thermique.
- Entreprendre une étude plus vaste qui englobe l'ensemble des facteurs organisationnels, techniques et personnels sur un échantillon plus grand d'adolescents afin de confirmer les tendances obtenues afin de :
 1. S'assurer que les limites retenues sont vraiment sécuritaires dans tous les cas.
 2. Vérifier que la surveillance est efficace lorsqu'elle est faite par les travailleurs eux-mêmes.
 3. Voir l'impact des diverses variables organisationnelles sur l'astreinte thermique pour valider et proposer des correctifs.

BIBLIOGRAPHIE

1. Ahonen, E., Venalainen, J.M., Kononen, U et Klen, T. The Physical Strain of Dairy Farming. Ergonomics, 1990, 33 (12), 549-1555.
2. Aoyagi, Y., McLellan, T.M. et Shephard, R.J. Interaction of Physical Training and Heat Acclimation. Sports Medicine, 1997, 23 (3), 173-210.
3. Armstrong, C.G et Kenney, W.L. Effects of Age and Acclimation on Responses to Passive Heat Exposure. Journal of Applied Physiology, 1993, 75 (5), 2162-2167.
4. Åstrand, P.-O. et Rodahl, K. Textbook of Work Physiology (1^e éd.). New-York : McGraw-Hill Book Compagny, 1970.
5. Bernard, T.E., Dukes-Dobos, F.N. et Ramsey, J. D. Evaluation and Control of Hot Working Environments : Part II – The scientific Basis for the Guide. International Journal of Industrial Ergonomics, 1994, (14), 129-138.
6. Bernard, T. E. et Kenney, W. L. Rationale for a Personal Monitor for Heat Strain. American Industrial Hygiene Association Journal, 1994, 55 (6), 505-514.
7. Bernard, T.E. et Logan, P.W. Heat Stress and Strain in an Aluminium Smelter. American Hygiene Association Journal, 1999, 60 (5), 659-665.
8. Bevegard, S. et Shepherd, J.T. Regulation of the Circulation During Exercise in Man. Phisological Rev., 1967, 47, 178-213.

9. Bishop, P.A. Applied Physiology of Thermoregulation and Exposure Control dans DiNardi, R. The Occupational Environment – Its Evaluation and Control. New York : American Industrial Hygiene Association Press, 1994.
10. Brake, D.J. et Bates, G.P. Limiting Metabolic Rate (Thermal Work Limit) as an Index of Thermal Stress. Applied Occupational and Environmental Hygiene, 2002, 17 (3), 176-186.
11. Brouha, L. Physiology in Industry. Londre: Pergamon Press, 1960.
12. Charbonneau, J.-Y. Bilan été 2003 et réalisations novatrices de la CSST. Communication présentée au Colloque 2003 de l'Association des médecins du réseau public en santé au travail du Québec, Québec, Octobre 2003.
13. Dennis, S.C. et Noakes, T.D. Advantages of Smaller Bodymass in Humans When Distance-Running in Warm, Humid Conditions. European Journal of Applied Physiology, 1999, 79 (1), 280-284.
14. Dessureault, P.C. Sécurité et hygiène industrielle - Compléments aux notes de cours. Trois-Rivières : Université du Québec à Trois-Rivières, 2002.
15. Dessureault, P.C. Résumé – Évaluation des indices de contraintes thermiques en mines profondes. Trois-Rivières : Université du Québec à Trois-Rivières, 2003.
16. Dessureault, P.C., Lyagoubi, J. et Couture, A. Modalités et limites d'utilisation d'un appareil de mesure rapide dans l'analyse de la contrainte thermique. Montréal : IRSST, 1997.
17. Dessureault, P.C. et Doucet, M. Étude analytique de la contrainte et de l'astreinte thermique dans les salles de cuves électrolytiques Soderberg. Trois-Rivières : Université du Québec à Trois-Rivières, 2001.

18. Dessureault, P.C. et Doucet, M. Étude des conditions de travail en ambiance chaude lors d'un accident. Trois-Rivières : CSST, 2002.
19. Dessureault, P.C. et Schreiber, L. Le travail en ambiance chaude : Favoriser l'évaluation de l'astreinte thermique et l'implication des travailleurs. Travail et santé, 1997, 13 (1), S-2.
20. Forsthoft, A., Mehnert, P. et Neffgen, H. Comparison of Laboratory Studies with Predictions of the Required Sweat Rate Index (ISO7933) for Climate with Moderate to High Thermal Radiation. Applied Ergonomics, 2001, (32), 299-303.
21. Fuller, F.H. & Smith, P.E. Evaluation of Heat Stress in a Hot Work-shop by Physiological Measurements. American Industrial Hygiene Association Journal, 1981, 42, 32-37.
22. Galloway, S.D.R et Maughan, R.J. Effects of Ambient Temperature on the Capacity to Perform Prolonged Cycle Exercise in Man. Medicine and Science in Sports and Exercise, 1997, 29 (9), pp. 1240-1249.
23. Garg, A., Chaffin, D.B. et Herrin, G.D. Prediction of Metabolic Rates for Manual Materials Handling Jobs, American Industrial Hygiene Association journal, 1978, (39).
24. Green, J.M., Clapp, A.J., Gu, D.L. et Bishop, P.A. Prediction of Rectal Temperature by Questemp II Personal Heat Strain Monitor Under Low and Moderate Heat Stress. American Industrial Hygiene Association Journal, 1999, (60), 801-806.
25. Harris, R.L. Patty's Industrial Hygiene Volume 2 (5e éd.) New York : John Wiley & sons, inc, 2000.

26. Hérroux-Berthiaume, J. et Blouin, J. Doit-on choisir l'astreinte thermique ou l'indice WBGT ? Le travail humain, 2001, 17 (1), 59-63.
27. Kaminaka, M.S. Research Needs in the American Agricultural Equipment Industry. Applied Ergonomics, 1985, 16 (3), 217-220.
28. Mairiaux, P. et Malchaire, J. Le travail en ambiance chaude (1ere éd.). Paris : Masson, 1990.
29. Mairiaux, P. et Malchaire, J., Comparaison and Validation of Heat Stress Indices in Experimental Studies. Ergonomics, 1995, 38 (1), 58-72.
30. Malchaire, J. Evaluation and Control of Warm Working Conditions. Biomed "Heat Stress" Research Project, Barcelona, 1999.
31. Malchaire, J. ISO / CD 7933: Ergonomics of Thermal Environment : Analytical Determination and Interpretation of Heat Stress Using Calculation of the Predicted Heat Strain (Preparatory). United Kingdom: ISO, 2000.
32. Malchaire, J. et al. Assessment of the risk of Heat Disorder Encountered During Work in Hot Conditions. International International Archive of Occupational Environmental Health, 2002, (75), 153-162.
33. Malchaire, J., Kampmann, B., Havenith, G., Mehnert, P. et Gebhardt, H.J. Criteria for Estimating Acceptable Exposure Times in Hot Working Environments: a Review. International Archives of Occupational Environmental Health, 2000, 73 (1), 215-220.
34. Malchaire, J., Rogowsky, M., Vanderputten, M. et Wallemacq, M. Évaluation de la contrainte de travail par enregistrement continu de la fréquence cardiaque dans une entreprise automobile. Le travail humain, 1986, 49 (1), 75-86.

35. McNeil, M.B. et Parsons, K.C. Appropriateness of International Heat Stress Indices for Use in Tropical Agriculture Environment. Ergonomics, 1999, 42 (6), 779-797.
36. Mehnert, P., Malchaire, J., Kampmann, B., Piette, A., Griefahn, B. et Gebhardt, H. Prediction of the Average Skin Temperature in Warm and Hot Environments. European Journal of applied Physiology, 2000, (82), 52-60.
37. Meyer, J.-P., Martinet, C. et Payot, L. Heart Rate as an Index of Thermal Stress. Psychology Journals, 2000, 5, 359-362.
38. Meyer, J.-P., Martinet, C., Payot, L., Didry, G. et Horwat, F. Évaluation de l'astreinte thermique à l'aide de la fréquence cardiaque. Le travail humain, 2001, 64 (1), 29-44.
39. Moran, D., Epstein, Y., Laor, A., Vitalis, A. et Shapiro, Y. Predicting Heart Rate Response to Various Metabolic Rates, Environments, and Clothing. Journal of Applied Physiology, 1995, 78 (1), 318-322.
40. Mudambo, K.S.M.T., Leese, G.P. et Rennie, M.J. Dehydration in Soldiers During Walking/Running Exercise in the Heat and the Effects of Fluid Ingestion During and After Exercise. European Journal of Applied Physiology, 1997, (76), 517-524.
41. Muir, H., Bishop, P.A., Lomax, R.G. et Green, J.M. Prediction of Rectal Temperature from Ear Canal Temperature. Ergonomics, 2001, 44 (11), 962-972.
42. Muller, B.H. et Hettinger, T. Influence and Assessment of Heat Radiation. Ergonomics, 1995, 38 (1), 128-137.

43. Murgatroyd, P.R., Shetty, P.S. et Prentice, A.M. Techniques for the Measurement of Human Energy Expenditure: a Practical Guide. International Journal of Obesity, 1993, (17), 549-568.
44. Myrtek, M., Fichtler, A., Strittmatter, M. et Brugner, G. Stress and Strain of Blue and White Collar Workers During Work and Leisure Time: Results of Psychophysiological and Behavioral Monitoring. Applied Ergonomics, 1999, 30 (1), 341-351.
45. O'Brien, C., Hoyt, R., Buller, M.J., Castellani, J.W. et Young, A.J. Telemetry Pill Measurement of Core Temperature in Humans During Active Heating and Cooling. Medicine & Science in Sports & Exercise, 1998, (10), 468-472.
46. O'Neil, D.H. Agriculture, dans Karwawski, W. International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors : Volume 3 (1e éd.). New York : Taylor & Francis, 1989.
47. Organisation Internationale de Normalisation ISO / CD 7933: Ergonomics of Thermal Environment : Analytical Determination and Interpretation of Heat Stress Using Calculation of the Predicted Heat Strain. United Kingdom: ISO, 1989.
48. Parson, K.C. Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate and Cold Environments on Human Health, Comfort and Performance. London: Taylor & Francis, 1993.
49. Peters, H. Testing Climate Indices in the Field. Ergonomics, 1995, 38 (1), 86-100.
50. Poitras, S., En santé sécurité au travail, il est temps d'agir! Uniform Ressource Location : www.opus3.com/forum, 2003.

51. Rastogi, S.K., Gupta, B.N. et Husain, T. Wet-bulb Globe Temperature Index : a Predictor of Physiological Strain in Hot Environments. Occupational Medicine, 1992, (42), 93-97.
52. Reneau, P.D. et Bishop, P.A. Validation of a Personal Heat Stress Monitor. American Industrial Hygiene Association Journal, 1996, (57), 650-657.
53. Samueloff, S. et Yousef, M.K. Adaptive Physiology to Stressful Environments (1ere éd.). Floride: CRC Press Inc., 1987.
54. Sawka, M.N., Latzka, W.A., Matott, R.P. et Montain, S.J. Hydration Effects on Temperature Regulation. International Journal of Sport Medicine, 1998, (19), pp.S108-S110.
55. Sawka, M.N., Latza, W.A., Montain, S.J., Cadarette, B.S. Kolka, M.A., Kraning, K.K. et Gonzalez, R.R. Physiologic Tolerance to Uncompensable Heat : Intermittent Exercise, Field vs Laboratory. Medicine & Science in Sports and Exercise, 2000, (1), 422-429.
56. Sawka, M.N., Young, A.J., Latzka, W.A., Neufer, P.D. et Quigley, M.D. Human Tolerance to Heat Strain During Exercise : Influence of Hydration. Journal of Applied Physiology, 1992, 73 (1), 368-375.
57. Sayers, B. Analysis of Heart Variability. Ergonomics, 1973, 16 (1), 17-32.
58. Sjodin, A., Forslund, A., Webb, P. et Hambræus, L. Mild Overcooling Increases Energy Expenditure During Endurance Exercise. Medicine & Science in Sports, 1996, (6), 22-25.

59. Therminarias, A., Flore, P., Oddou-Chirpaz, M.F., Gharib, C. et Gauquelin, G. Hormonal Responses to Exercise During Moderate Cold Exposure in Young vs Middle-aged Subjects. American Physiological Society, 1992.
60. Vogt, J.J. et Metz, B. Ambiances thermiques, dans : Scherrer J. et al., 217-263. Précis de physiologie du travail, notions d'ergonomie (2^e éd.), Masson : Paris, 1981.
61. Wasterlund, D.S. A Review of Heat Stress Research with Application to Forestry. Applied Ergonomics, 1996, 29 (3), 179-183.
62. Wilson, T. Reducing Runner's Risk in Sudden Hot/Humid Weather Wilson's Hot Weather Heuristic. Contemporary Ergonomics, 1996, 202-207.
63. Wisner, A. Ergonomie et Agriculture, Colloque Travail et agriculture, Paris, 1996.

ANNEXE A

Résultats et graphiques obtenus lors d'essais en laboratoire sur ergocycle pour valider les limites MTA recalculées selon l'âge

INFORMATION SUR L'ENVIRONNEMENT LORS DU TEST DE VO₂max

Date: 11 octobre 2003

Instrument de mesure	Heure et sujet étudié	Sujet 1 11h55	Sujet 7 13h23	Sujet 8 12h55	Sujet 9 13h50
Psychromètre	Ta (degrés C)	23.8	23.9	23.4	23.8
Wibget	Tg(degrés C)	23	23.5	23.1	23.6
calculé	%HR	55	59.2	58.5	61.5
Wibget	Th (degrés C)	17.5	18.3	17.8	18.5
anémomètre/ bulle de savon	Va (m par sec)	0	0	0	0
Météo	Pa				
WIBGET	WBGT (degrés C)	19.1	19.8	19.4	20

MTA calculés pour différents groupes d'âge

Âge	195-0.67(âge-25)	Fmax-75		%VO2max	Fmax-75*VO2max	(Fmax-75)*VO2max + 75
16	201.03	126.03	MTA 5	0.83	104.60	179.60
	201.03	126.03	MTA 10	0.75	94.52	169.52
	201.03	126.03	MTA 20	0.67	84.44	159.44
	201.03	126.03	MTA 30	0.63	79.40	154.40
	201.03	126.03	MTA45	0.59	74.36	149.36
	201.03	126.03	MTA 60	0.56	70.58	145.58
	201.03	126.03	MTA 90	0.51	64.28	139.28
17	200.36	125.36	MTA 5	0.83	104.05	179.05
	200.36	125.36	MTA 10	0.75	94.02	169.02
	200.36	125.36	MTA 20	0.67	83.99	158.99
	200.36	125.36	MTA 30	0.63	78.98	153.98
	200.36	125.36	MTA45	0.59	73.96	148.96
	200.36	125.36	MTA 60	0.56	70.20	145.20
	200.36	125.36	MTA 90	0.51	63.93	138.93
18	199.69	124.69	MTA 5	0.83	103.49	178.49
	199.69	124.69	MTA 10	0.75	93.52	168.52
	199.69	124.69	MTA 20	0.67	83.54	158.54
	199.69	124.69	MTA 30	0.63	78.55	153.55
	199.69	124.69	MTA45	0.59	73.57	148.57
	199.69	124.69	MTA 60	0.56	69.83	144.83
	199.69	124.69	MTA 90	0.51	63.59	138.59
11	204.38	129.38	MTA 5	0.83	107.39	182.39
	204.38	129.38	MTA 10	0.75	97.04	172.04
	204.38	129.38	MTA 20	0.67	86.68	161.68
	204.38	129.38	MTA 30	0.63	81.51	156.51
	204.38	129.38	MTA45	0.59	76.33	151.33
	204.38	129.38	MTA 60	0.56	72.45	147.45
	204.38	129.38	MTA 90	0.51	65.98	140.98

Tableau résumé des valeurs de 30% et 70% de VO₂max pour les sujets

Sujet: 1 poids (kg): 75 VO₂max: 48.9 mL/kg min
3.67 L/min

%VO ₂ max	valeur VO ₂ max l/min	niveau de FC	Valeur FC bpm
30%	1.10025	FC repos	67
70%	2.56725	Fcsousmax (200-âge)	183

Sujet: 7 poids (kg): 67 VO₂max: 34.2 mL/kg min
2.29 L/min

%VO ₂ max	valeur VO ₂ max l/min	niveau de FC	Valeur FC bpm
30%	0.68742	FC repos	73
70%	1.60398	Fcsousmax (200-âge)	183

Sujet: 8 poids (kg): 73.2 VO₂max: 45.8 mL/kg min
3.35 L/min

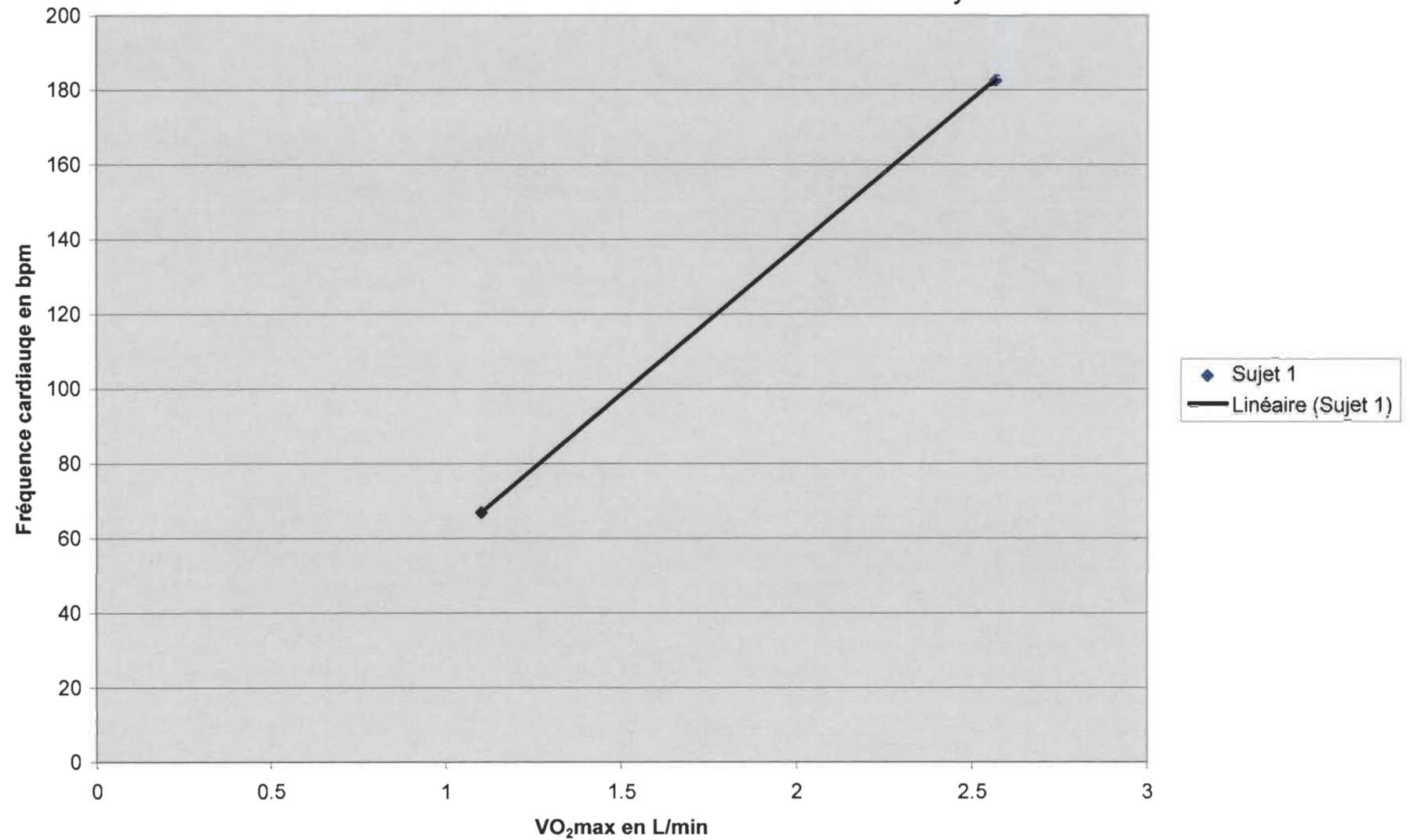
%VO ₂ max	valeur VO ₂ max l/min	niveau de FC	Valeur FC bpm
30%	1.005768	FC repos	72
70%	2.346792	Fcsousmax (200-âge)	182

Sujet: 9 poids (kg): 81.5 VO₂max: 32.9 mL/kg min
2.68 L/min

%VO ₂ max	valeur VO ₂ max l/min	niveau de FC	Valeur FC bpm
30%	0.804405	FC repos	71
70%	1.876945	Fcsousmax (200-âge)	182

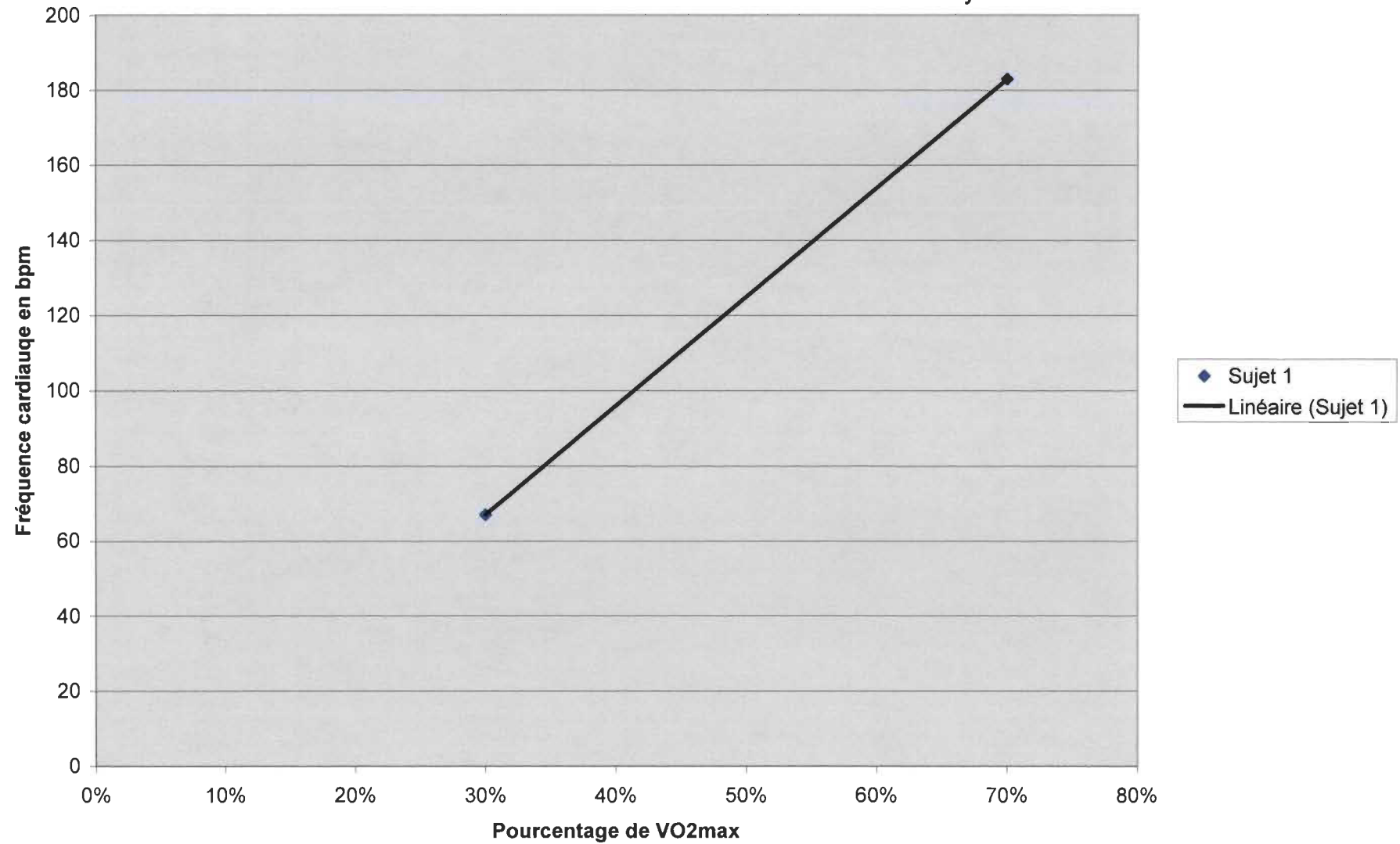
Fréquence cardiaque en fonction du VO₂max

$$y = 290x - 20$$

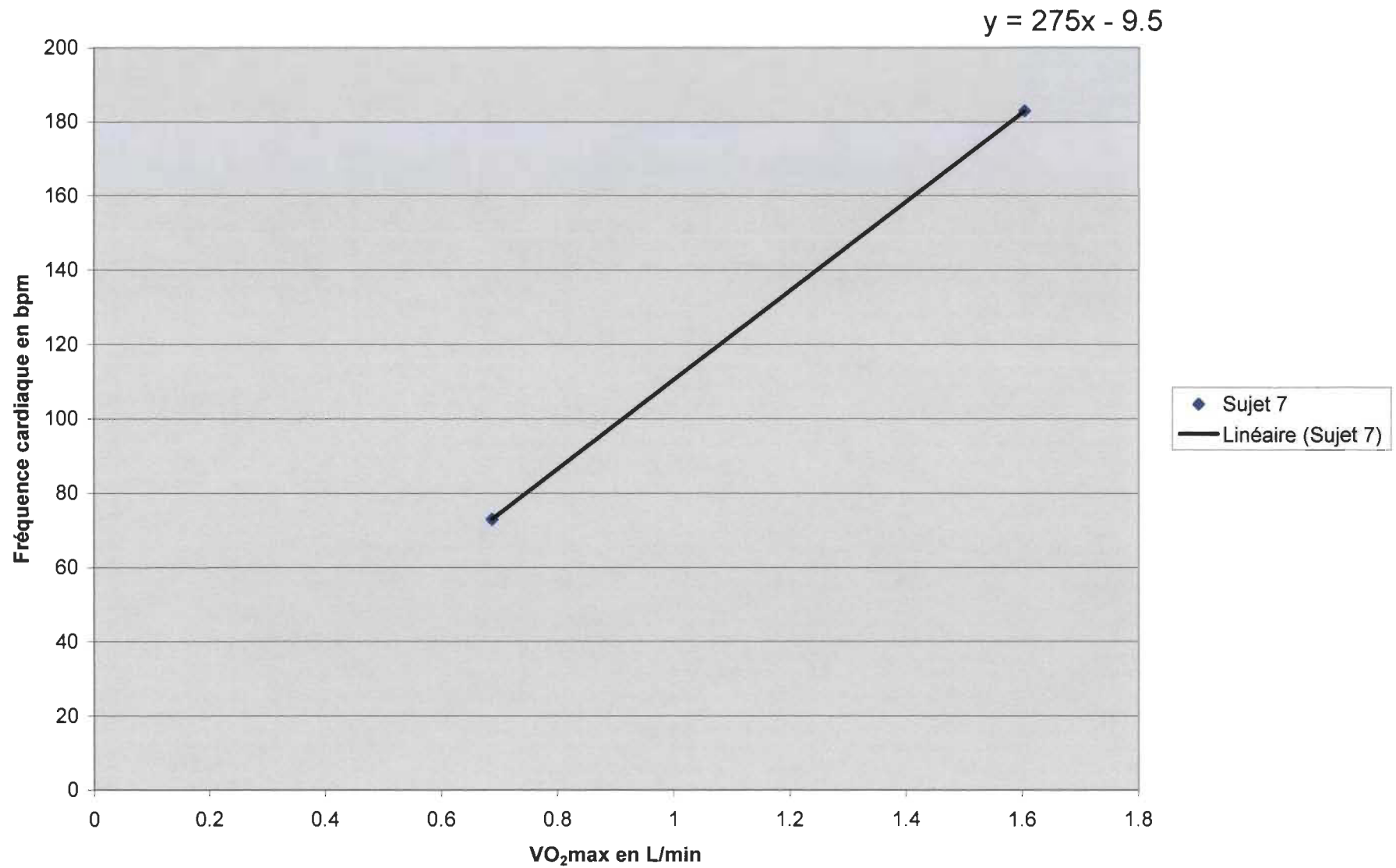


Fréquence cardiaque en fonction du pourcentage de VO2max

$$y = 290x - 20$$

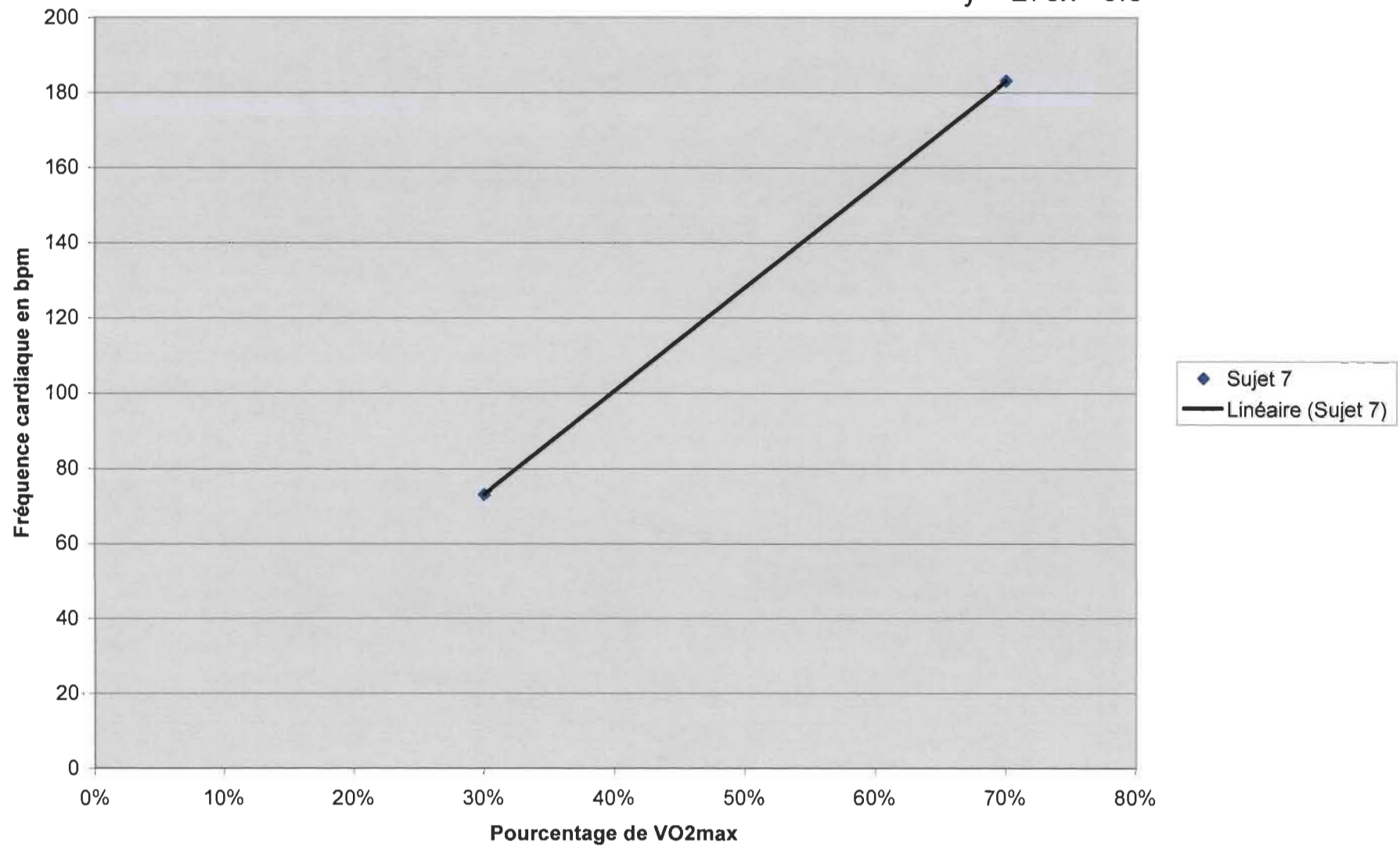


Fréquence cardiaque en fonction du VO₂max

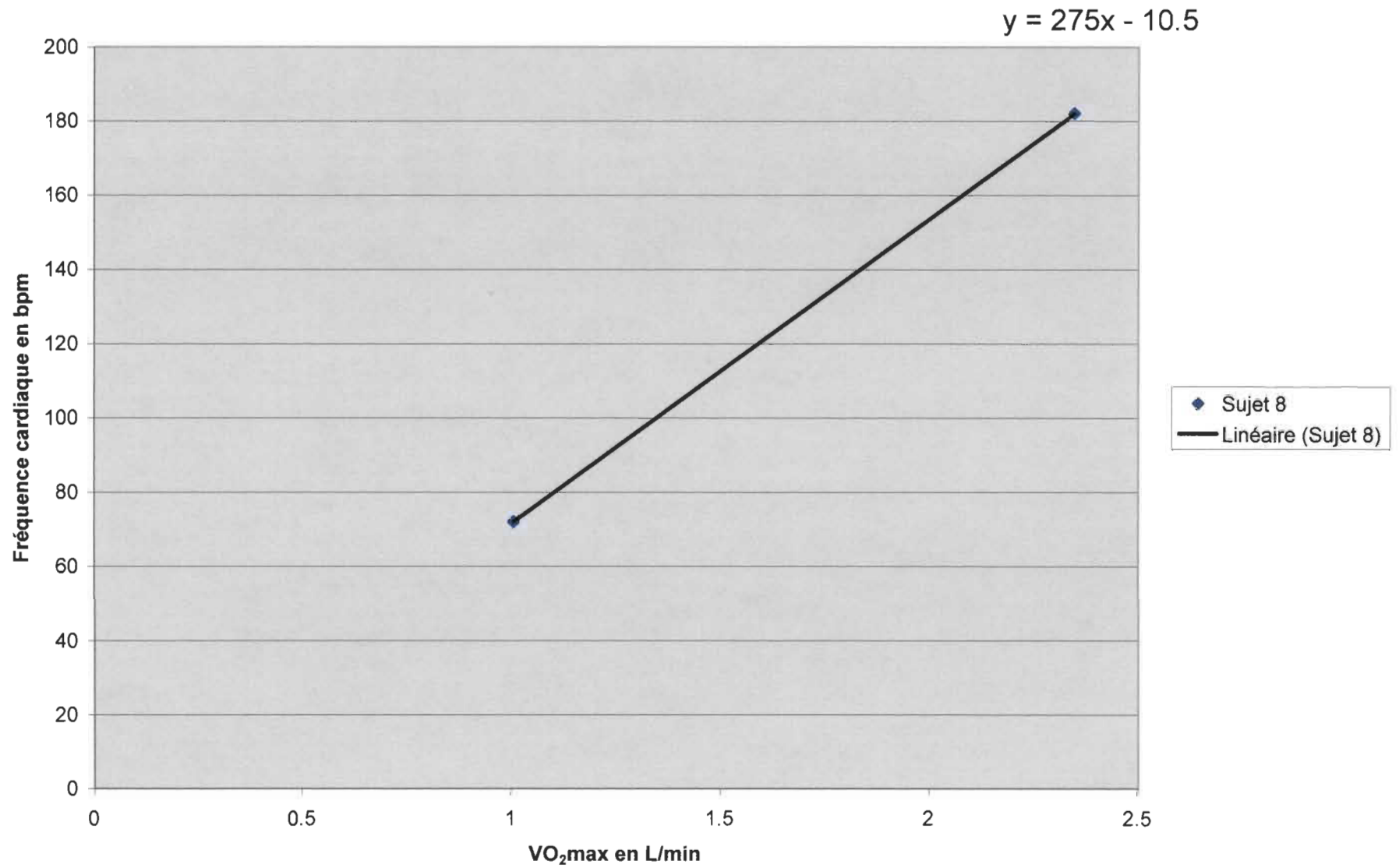


Fréquence cardiaque en fonction du pourcentage du VO2max

$$y = 275x - 9.5$$

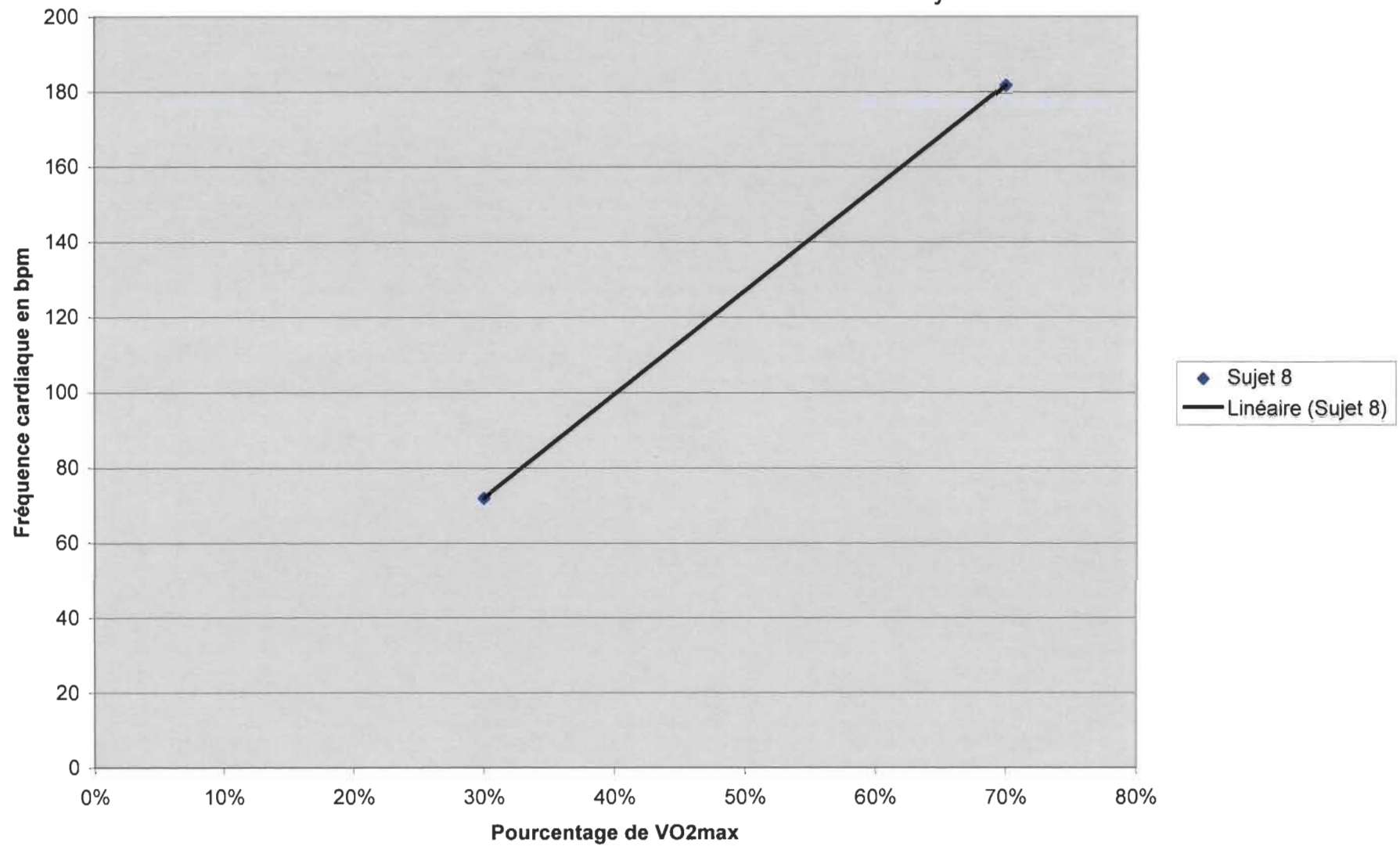


Fréquence cardiaque en fonction du VO₂max

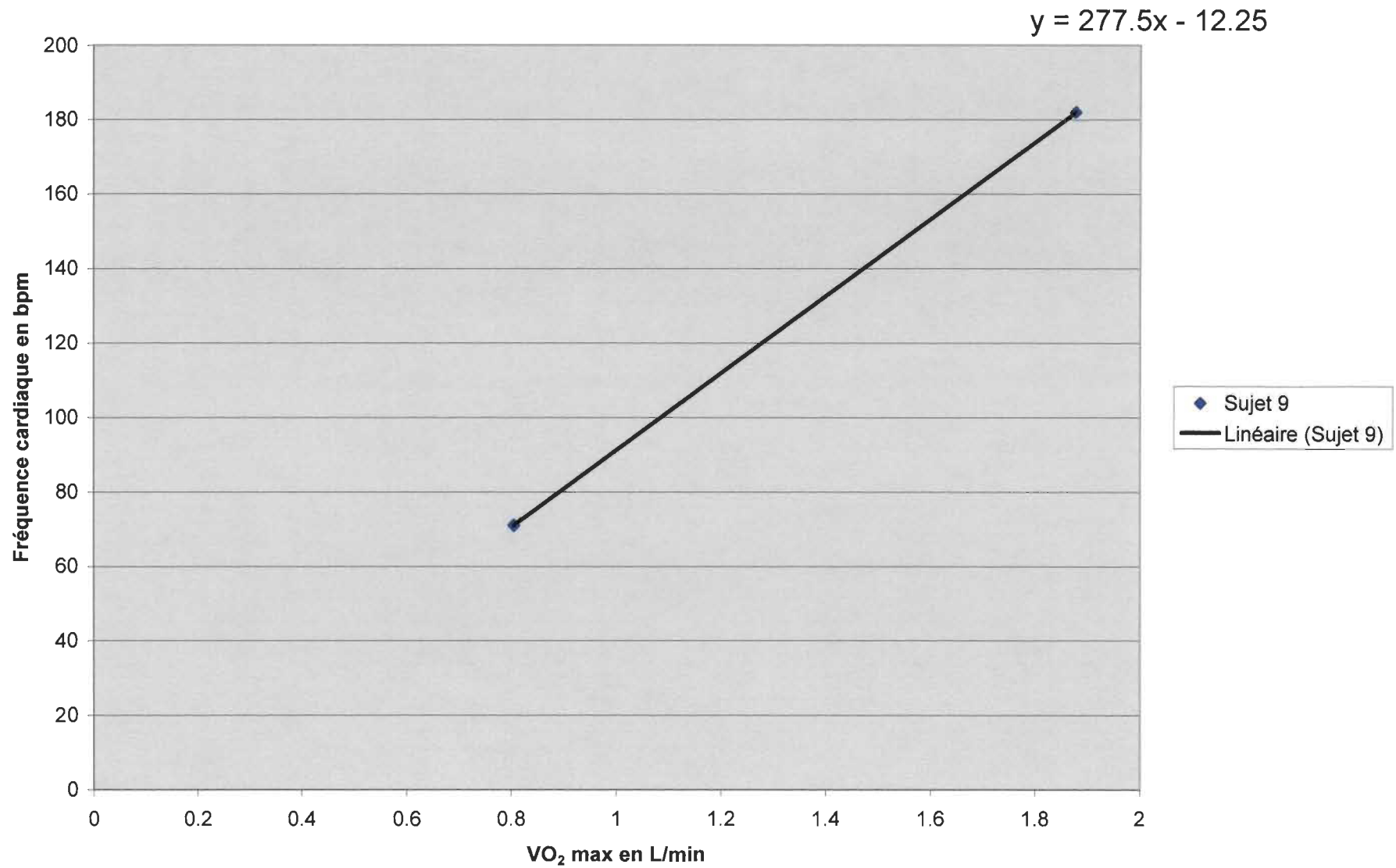


Fréquence cardiaque en fonction du pourcentage du VO2max

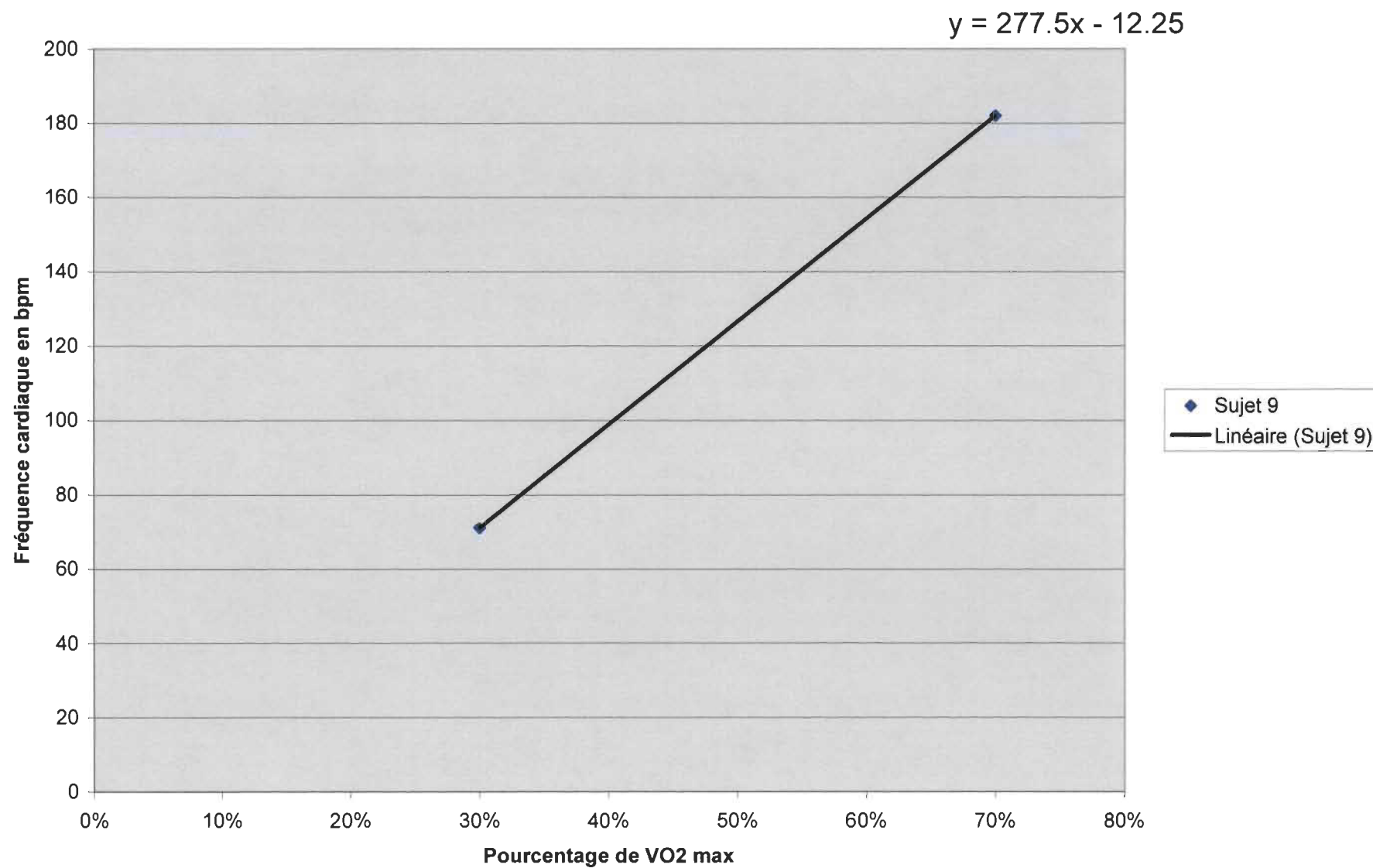
$$y = 275x - 10.5$$



Fréquence cardiaque en fonction du VO₂ max



Fréquence cardiaque en fonction du pourcentage de VO2 max



Calculs des MTA obtenus en laboratoires

Sujet: 1

équation: $Y=290X - 20$

MTA fenêtre	Équivalent VO ₂ max	Fréquence cardiaque obtenue expérimentalement	Fréquence cardiaque calculée pour l'âge
5	83%	221	179
10	75%	198	169
20	67%	174	159
30	63%	163	154
45	59%	151	149
60	56%	142	145
90	51%	128	139

Sujet: 7

équation: $Y=275X - 9.5$

MTA fenêtre	Équivalent VO ₂ max	Fréquence cardiaque obtenue expérimentalement	Fréquence cardiaque calculée pour l'âge
5	83%	219	179
10	75%	197	169
20	67%	175	159
30	63%	164	154
45	59%	153	149
60	56%	145	145
90	51%	131	139

Sujet: 8

équation: $Y=275X - 10.5$

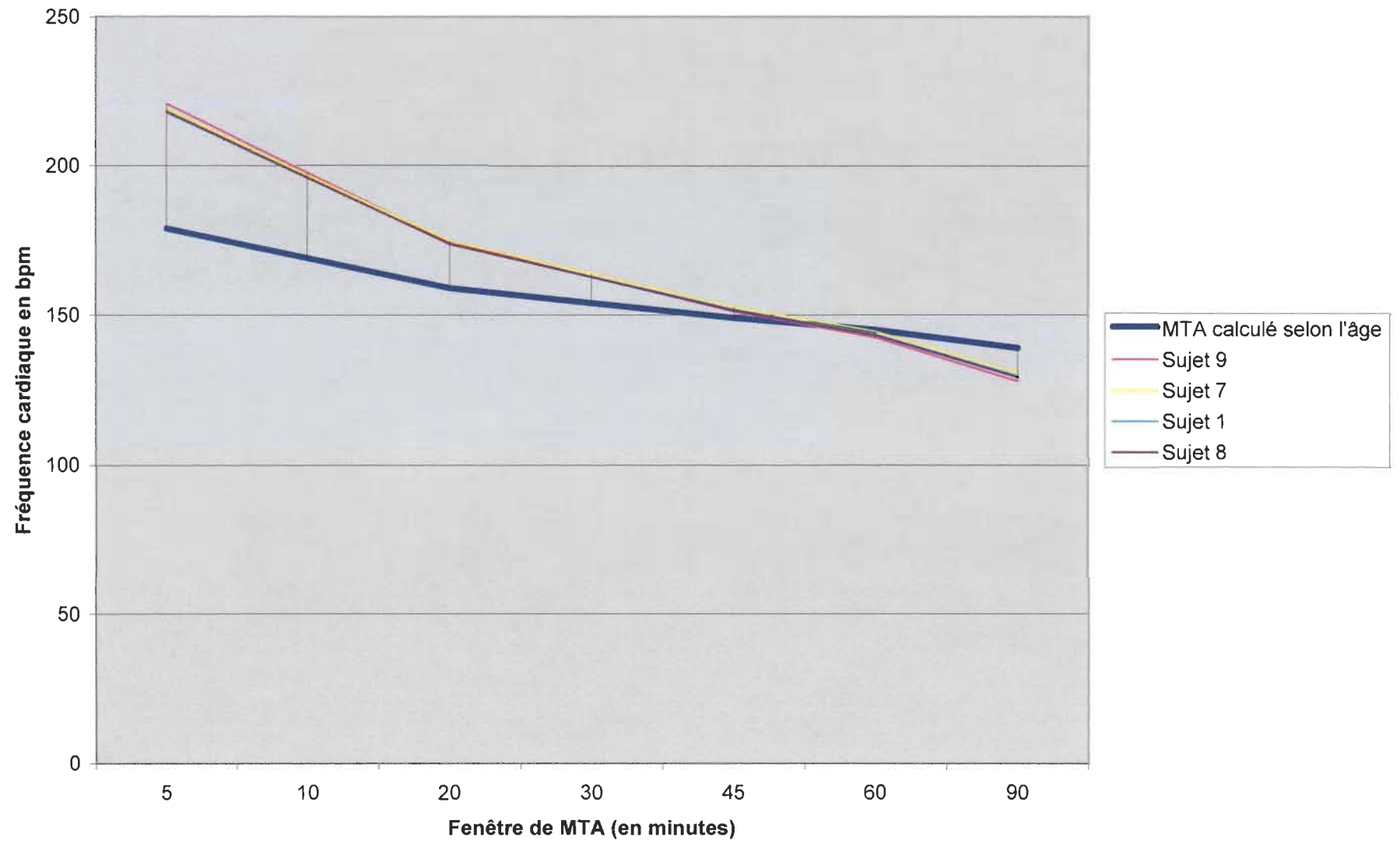
MTA fenêtre	Équivalent VO ₂ max	Fréquence cardiaque obtenue expérimentalement	Fréquence cardiaque calculée pour l'âge
5	83%	218	178
10	75%	196	169
20	67%	174	159
30	63%	163	154
45	59%	152	149
60	56%	144	145
90	51%	130	139

Sujet: 9

équation: $Y=277.5X - 12.25$

MTA fenêtre	Équivalent VO ₂ max	Fréquence cardiaque obtenue expérimentalement	Fréquence cardiaque calculée pour l'âge
5	83%	218	178
10	75%	196	169
20	67%	174	159
30	63%	163	154
45	59%	151	149
60	56%	143	145
90	51%	129	139

Fréquences cardiaques en fonction des MTA



ANNEXE B
Fiches d'informations personnelles des sujets

Synthèse de l'information recueillie sur les sujets

Âge	Grandeur (m)	Masse (kg)	Surface Corporelle (m ²)
17	1.75	72	1.86
17	1.81	80	1.99
17	1.73	81	1.95
16	1.81	NA	NA
17	1.75	67	1.81
18	1.73	67	1.87
18	1.8	83	2.03

DATE:21 juin 2003

Poids moyen des balles:	17.70 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:1

Grandeur (cm): 175

Surface du sujet(m²): 1.86

Date de naissance: 8-8-86

Habillement :Pantalons longs, T-shirt, espadrilles, bas, gants

I Clo: 0.54 Clo 0.04+0.1+0.25+0.05+0.02+0.08

FC repos:71

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	204	201

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle		99.3 F

DATE:22 juin 2003

Poids moyen des balles:	16.10 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:1

Grandeur (cm): 175

Surface du sujet(m²): 1.86

Date de naissance: 8-8-86

Habillement :Pantalons longs, T-shirt, espadrilles, bas, gants

I Clo: 0.54 Clo 0.04+0.1+0.25+0.05+0.02+0.08

FC repos:71

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fe max	204	201

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	97.8	98.8

DATE:23 juin 2003

Poids moyen des balles:	16.74 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:1

Grandeur (cm): 175

Surface du sujet(m²): 1.85

Date de naissance: 8-8-86

Habillement :Pantalons longs, T-shirt, espadrilles, bas, gants

I Clo: 0.54 Clo 0.04+0.1+0.25+0.05+0.02+0.08

FC repos:71

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	204	201

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	97.1	98.3 F

DATE:14 août 2003

Poids moyen des balles:	17.05 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:1

Grandeur (cm): 175

Surface du sujet(m²): 1.89

Date de naissance: 8-8-86

Habillement :Pantalons longs, T-shirt, espadrilles, bas, gants

I Clo: 0.54 Clo 0.04+0.1+0.25+0.05+0.02+0.08

FC repos:77

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	203	200

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	36.1	36.7

DATE:15 août 2003

Poids moyen des balles:	18.66 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:1

Grandeur (cm): 175

Surface du sujet(m²): 1.88

Date de naissance: 8-8-86

Habillement :Pantalons longs, T-shirt, espadrilles, bas, gants

I Clo: 0.54 Clo 0.04+0.1+0.25+0.05+0.02+0.08

FC repos:81

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	203	200

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	36.2	36.8

DATE:17 août 2003

Poids moyen des balles:	19.05 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:1

Grandeur (cm): 175

Surface du sujet(m²): 1.89

Date de naissance: 8-8-86

Habillement :Pantalons longs, T-shirt, espadrilles, bas, gants

I Clo: 0.54 Clo 0.04+0.1+0.25+0.05+0.02+0.08

FC repos:83

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	203	200

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	37 C	36.1 C

DATE:21 juin 2003

Poids moyen des balles:	17.7 kg
-------------------------	---------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:2

Grandeur (cm): 181

Surface du sujet(m²): 1.98

Date de naissance: 9-10-1986

Habillement :Pantalons longs, Gilet manches longues, souliers, bas, gants

I Clo: 0.57 Clo 0.04+0.12+0.25+0.05+0.03+0.08

FC repos:68

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	204	201

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle		98.3 F

DATE:22 juin 2003

Poids moyen des balles:	16.10 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:2

Grandeur (cm): 181

Surface du sujet(m²): 1.99

Date de naissance: 9-10-1986

Habillement :Pantalons longs, Gilet manches longues, espadrilles, bas, gants

; Clo: 0.57 Clo 0.04+0.12+0.25+0.03+0.05+0.08

FC repos:68

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	204	201

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	97.5 F	97.7 F

DATE:23juin 2003

Poids moyen des balles:	16.74 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:2

Grandeur (cm): 181

Surface du sujet(m²): 1.99

Date de naissance: 9-10-1986

Habillement :Pantalons longs, Gilet manches longues, Souliers, bas, gants

I Clo: 0.57 Clo 0.04+0.12+0.25+0.03+0.05+0.08

FC repos:68

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	204	201

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	96.8 F	98.8 F

DATE:14 août 2003

Poids moyen des balles:	17.05 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:2

Grandeur (cm): 181

Surface du sujet(m²): 2.03

Date de naissance: 9-10-1986

Habillement :Pantalons longs, Gilet manches longues, souliers, bas, gants

I Clo: 0.57 Clo 0.04+0.12+0.25+0.05+0.03+0.08

FC repos:65

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	204	201

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	36.1	36.4

DATE:15 août 2003

Poids moyen des balles:	18.66 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:2

Grandeur (cm): 181

Surface du sujet(m²): 2.01

Date de naissance: 9-10-1986

Habillement :Pantalons longs, Gilet manches longues, souliers, bas, gants, casquette

I Clo: 0.60 Clo 0.04+0.12+0.25+0.05+0.03+0.08+0.03

FC repos:73

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	204	201

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	33.4 C	36.2 C

DATE:17 août 2003

Poids moyen des balles:	19.05 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:2

Grandeur (cm): 181

Surface du sujet(m²): 2.02

Date de naissance: 9-10-1986

Habillement :Pantalons longs, Gilet manches longues, souliers, bas, gants

I Clo: 0.57 Clo 0.04+0.12+0.25+0.05+0.03+0.08

FC repos:63

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	204	201

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	36.1 C	35.8 C

DATE:21 juin 2003

Poids moyen des balles:	17.7 kg
-------------------------	---------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:3

Grandeur (cm): 173

Surface du sujet(m²): 1.95

Date de naissance:23-01-1986

Habillement :Camisole, bermudas, bas espadrilles, gants

I Clo: 0.41Clo 0.33+0.08

FC repos:73

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	203	200

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle		98.0 F

DATE:23juin 2003

Poids moyen des balles:	16.74 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:6

Grandeu (cm): 181

Surface du sujet(m²): NA

Date de naissance: 9-10-1986

Habillement :Pantalons longs, T-Shirt, Camisole, casquette, gants, espadrilles, bas

I Clo: 0.63 Clo 0.04+0.1+0.06+0.25+0.05+0.02+0.08+0.03

FC repos:76

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	204	201

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	97.3 F	98.7 F

DATE:14 août 2003

Poids moyen des balles:	17.05 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:7

Grandeur (cm): 175

Surface du sujet(m²): 1.81

Date de naissance: 26-07-86

Habillement :Pantalons longs, T-Shirt, espadrilles, bas, gants

I Clo: 0.54 Clo 0.04+0.1+0.25+0.05+0.02+0.08

FC repos:84

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	203	200

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	35.6 C	36.2 C

DATE:15 août 2003

Poids moyen des balles:	18.66 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:7

Grandeur (cm): 175

Surface du sujet(m²): 1.81

Date de naissance: 26-07-86

Habillement :Pantalons longs, T-Shirt, espadrilles, bas, gants, casquette

I Clo: 0.57 Clo 0.04+0.1+0.25+0.05+0.02+0.08+0.03

FC repos:83

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	203	200

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	36.2 C	35.9 C

DATE:17 août 2003

Poids moyen des balles:	19.05 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:7

Grandeur (cm): 175

Surface du sujet(m²): 1.82

Date de naissance: 26-07-86

Habillement :Pantalons longs, T-Shirt, espadrilles, bas, gants

I Clo: 0.54 Clo 0.04+0.1+0.25+0.05+0.02+0.08

FC repos:71

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	203	200

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	36.1 C	36.1 C

DATE:15 août 2003

Poids moyen des balles:	18.66 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:8

Grandeur (cm): 173

Surface du sujet(m²): 1.87

Date de naissance: 24-07-85

Habillement :Pantalons longs, manches longues, espadrilles, bas, gants

I Clo: 0.56 Clo 0.04+0.12+0.25+0.05+0.02+0.08

FC repos:69

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	202	200

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	36.2 C	36.6 C

DATE:15 août 2003

Poids moyen des balles:	18.66 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:9

Grandeur (cm): 180

Surface du sujet(m²): 2.03

Date de naissance: 24-07-85

Habillement :Pantalons longs, T-Shirt, espadrilles, bas, gants

I Clo: 0.54 Clo 0.04+0.10+0.25+0.05+0.02+0.08

FC repos:74

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	202	200

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	36.7 36.5	36.6 C

DATE:17 août 2003

Poids moyen des balles:	19.05 kg
-------------------------	----------

INFORMATION SUR LE SUJET

Sujet:9

Grandeur (cm): 180

Surface du sujet(m²): 2.02

Date de naissance: 24-07-85

Habillement :Pantalons longs, T-Shirt, espadrilles, bas, gants

I Clo: 0.54 Clo 0.04+0.10+0.25+0.05+0.02+0.08

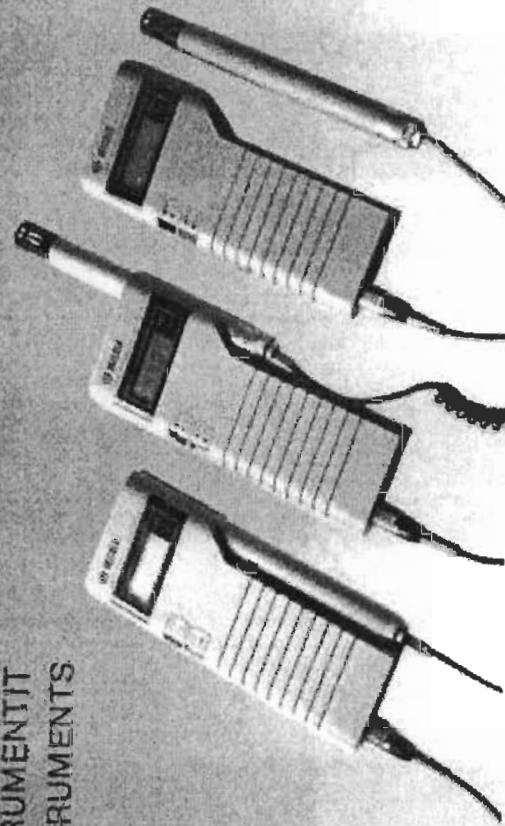
FC repos:71

	220-âge	195-0.67(âge-25)
Fc max	202	200

	début du quart de travail	Fin du quart de travail
Température corporelle	36.9 C	36.2 C

ANNEXE C
Fiches techniques des instruments utilisés

HUMICAP® KOSTEUSINSTRUMENTIT
HUMIDITY INSTRUMENTS



HMI 31 — HIMP 31 UT

KOSTEUS- JA LÄMPÖMITTARI HMI 31
KOSTEUS- JA LÄMPÖTILAMITTAPÄÄ HMP 31 UT

1. YLEISTÄ

2. TEKNISET TIEDOT

- 2.1 Kosteus- ja lämpömittari HMI 31
- 2.2 Kosteus- ja lämpötilamittapäät
HMP 31 UT

3. KÄYTTÖOHJEET

- 3.1 Paristo
- 3.2 Alijännitteen ilmaisu
- 3.3 Käyttökynimet
- 3.4 Mittapään liitäntä näyttölaitteeseen
- 3.5 Kosteuden mittauksessa huomioitavaa
- 3.6 Anturin suojaus ja käsittely
- 3.7 Kosteusanturin puhdistus
- 3.8 Jatkojohdon käyttö

4. HUOLTO-OHJEET

- 4.1 Kosteuskalibrointi
- 4.2 Erilaiset kalibrointimenettelyt
- 4.3 Tehdaskalibrointi
- 4.4 Kosteussäädöt
- 4.5 Mittaukset alueella 0...100 % RH
- 4.6 Pitkäaikaiset ja jatkuvat mittaukset
alueella 75...100 % RH
- 4.7 HUMICAP® kosteusanturin vaihto
- 4.8 Pt 100 lämpötila-anturin vaihto

HUMIDITY AND TEMPERATURE
INDICATOR HMI 31
HUMIDITY AND TEMPERATURE PROBE
HMP 31 UT

1. GENERAL

2. TECHNICAL DATA

- 2.1 Humidity and Temperature Indicator
HMI 31
- 2.2 Humidity and Temperature Probe
HMP 31 UT

3. INSTRUCTIONS FOR OPERATION

- 3.1 Battery
- 3.2 Low Battery Indication
- 3.3 Pushbuttons
- 3.4 Connecting Probe to Indicator
 - 3.4.1 Different Measuring Probes
- 3.5 Humidity Measurement (RH)
 - 3.5.1 Important in Humidity
Measurement
- 3.6 Temperature Measurement (T)
 - 3.6.1 Selecting °C or °F scale
- 3.7 Sensor Protection and Handling
- 3.8 Cleaning the Humidity Sensor
- 3.9 Extension Cable

4. SERVICE INSTRUCTIONS

- 4.1 Humidity Calibration

- 5. KALIBROINTILAITTEEN HMK 11
KÄYTTÖÖNOTTO
- 6. SUOSITELTAVAT VARAOSAT
- 7. TAKUU

- 4.2 Different Calibration Procedures
- 4.3 Factory Calibration
- 4.4 Humidity Adjustments
- 4.5 Measurements in Range 0 to 100 % RH
- 4.6 Long-Term or Continuous Measurements above 75 % RH
- 4.7 Replacement of HUMICAP[®] Humidity Sensor
- 4.8 Replacement of Pt 100 Temperature Element
- 5. CALIBRATOR HMK 11 —
PREPARATIONS FOR USE
- 6. RECOMMENDED SPARE PARTS AND
ACCESSORIES
- 7. GUARANTEE

HUMICAP[®] kosteusmittari on usean vuoden tutkimuksen ja kokemuksen tulos kosteusmittauksen alalla.

Ennen kosteusmittarin käyttöönottoa pyydämme Teitä huolella tutustumaan tähän ohjekirjaan parhaan mahdollisen mittaustuloksen saavuttamiseksi.

KOSTEUS- JA LÄMPÖMITTARI HMI 31 KOSTEUS- JA LÄMPÖTILAMITTAPÄÄ HMP 31 UT

1. YLEISTÄ

Vaisala Oy:n valmistama digitaalinen kosteus- ja lämpötilamittari koostuu kahdesta pääosasta, mittapäätä HMP 31 UT ja näyttölaitteesta HMI 31.

Se mittaa tarkasti ja nopeasti suhteellista kosteutta alueella 0 ... 100 % RH ja lämpötilaa alueella -40 ... +80°C.

Tuntoelimenä kosteusmittauksessa käytetään Vaisalan HUMICAP[®] 1638 HM kosteusanturia, jonka toimintaperiaate on kapasitiivinen. Anturin ohut polymeerikalvo reagoi kosteuteen hyvin nopeasti, joten mittauksen aikavakio on erittäin lyhyt.

Lämpötila-anturina käytetään Pt 100 vastuselementtiä.

—

HUMIDITY AND TEMPERATURE INDICATOR HMI 31 HUMIDITY AND TEMPERATURE PROBE HMP 31 UT

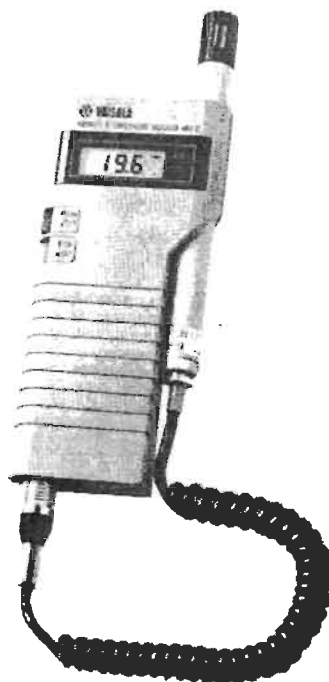
1. GENERAL

This Humidity and Temperature Meter developed by Vaisala Oy is a digital hand held instrument consisting of the HMI 31 Indicator and the HMP 31 UT Probe.

The instrument covers the humidity range 0 to 100 % RH and temperature range -40 to +80°C.

Temperature display in degrees Fahrenheit, range -40 to +176°F, can be selected by internal jumpers (see chapter 3.6.1).

Humidity is measured by the Vaisala HUMICAP[®] 1638 HM Sensor based on capacitance change in a polymer thin film capacitor. The thin polymer



Kuva 1.
Fig. 1.

Tämän kannettavan mittarin käyttövoimaksi riittää tavallinen 9 V kuivapariisto tai NiCd-akku (nimelljännite 8,4 V). Lisävarusteena on saatavissa kantolaukku mittarille ja mittapäälle (osa nro 0639).

Kuva 1. Näyttölaite HMI 31
Mittapää HMP 31 UT

2. TEKNISET TIEDOT

2.1 Kosteus- ja lämpömittari HMI 31

Näyttöalue:

Kosteus	0...100 % RH
Lämpötila	-40...+115°C
Käyttölämpötila:	+5...+55°C
Varastointilämpötila:	-20...+60°C

Systeemitarkkuus
lämpötilassa +20°C:
(HMI 31 + HMP 31 UT)

Kosteus	±2 % RH alueella 0...80 % RH ±3 % RH alueella 80...100 % RH
Lämpötila:	±0.3°C

Näyttö:	3 1/2 numeron neste- kidenäyttö
Eroittelukyky:	
Kosteus	0,1 % RH
Lämpötila	0,1°C
Paristo:	9 V, tyyppi IEC 6F22
Pariston käyttöikä:	
Kuivapariisto	25 h
Alkaalipariisto	30 h
Mittapään liitin:	Amphenol 3478500
Mitat:	195×91×27 mm
Paino:	260 g

2.2 Kosteus- ja lämpötilamittapää HMP 31 UT

Yleistä

Käyttöjännite:	3.60 V ±0.01 V
Virran kulutus:	13 mA
Käyttölämpötila:	-40...+80°C
Liitintyyppi:	Amphenol 3475001
Mittausjohto:	1,5 m, kierrejohto
Anturin suojaus:	
Vakio	Muoviritilä
Lisävaruste	37 µm tai 216 µm sintrat- tu suodin tai kalvosuodin, läpäisy Ø 0.2 µm

layer reacts very quickly, giving an extremely short response time.

Temperature is measured by a Pt 100 Resistance Element.

The instrument is powered by a standard 9 V dry cell battery or by a rechargeable NiCd battery with the nominal voltage 8.4 V.

Plastic carrying case is available as an option (part No. 0639).

Figure 1. Indicator HMI 31 with
Probe HMP 31 UT

2. TECHNICAL DATA

2.1 HMI 31 Humidity and Temperature Indicator

Temperature values in degrees Fahrenheit (°F) are given in brackets.

Display range

– Humidity:	0...100 % RH
– Temperature:	-40...+115°C (-40...+199°F)

Operating temperature:	+5...+55°C (+41...+131°F)
Storage temperature:	-20...+60°C (-4...+140°F)

System uncertainty
at +20°C (+68°F)
(HMI 31 + HMP 31 UT)

– Humidity	±2 % RH in range 0...80 % RH ±3 % RH in range 80...100 % RH
– Temperature:	±0.3°C (±0.6°F)
Display:	3 1/2-digit LCD

Resolution

– Humidity:	0.1 % RH
– Temperature:	0.1°C (0.1°F)
Battery:	9 V, type IEC 6F22
Battery life	
– Dry cell battery:	25 h
– Alkaline battery:	30 h
Connector type:	Amphenol 3478500
Dimensions:	195×91×27 mm
Weight:	260 g

2.2 HMP 31 UT Humidity and Temperature Probe

General

Voltage requirement:	3.60 ± 0.01 V
----------------------	---------------

Mitat:	% 18.5 mm, pituus 195 mm	Current drain:	13 mA
Paino:	140 g	Operating temperature:	−40...+80°C (−40...+176°F)
		Plug type:	Amphenol 3475001
		Cable length:	1.5 m, coiled
Suhteellinen kosteus:		Sensor protection	
Mittausalue:	0...100 % RH	— Standard:	plastic grid
Ulostulo:	0...100 mV kelluva, impedanssiin 1 kΩ ±1 Ω	— Option:	37 μm or 216 μm sintered filter; Ø 0.2 μm membrane filter
Tarkkuus lämpötilassa +20°C:	±2 % RH alueella 0...80 % RH ±3 % RH alueella 80...100 % RH	Dimensions:	Ø 18.5 mm, length 195 mm
		Weight:	140 g
Elektroniikan lämpötilaryömintä:	±0.05 % RH/°C maksimi	Relative Humidity	
Vasteaika muoviritilällä:	5 s tyypillinen (90 % vaste)	Measuring range:	0...100 % RH
Kosteusanturi:	HUMICAP _® 1638 HM	Output:	0...100 mV floating, calibrated into 1 kΩ ±1 Ω load
		Uncertainty at +20°C (+68°F):	±2 % RH in range 0...80 % RH ±3 % RH in range 80...100 % RH
Lämpötila		Electronics temperature coefficient:	±0.05 % RH/°C maximum
Mittausalue:	−40...+80°C, maksimi antureille +115°C	Response time with plastic grid:	5 s typical, 90 % response
Ulostulo:	Pt 100, 3-johdinkytkentä		
Tarkkuus lämpötilassa 0°C:	±0.1°C (Pt 100)		

Vasteaika muoviritilällä:	10 s (63 % vaste)	Sensor type:	HUMICAP _® 1638 HM
Lämpötila-anturi:	Pt 100 1/3 DIN 43760 B	Temperature	
		Measuring range:	−40...+80°C, max. +115°C for sensors only (−40...+176°F, max. +199°F for sensors only)
		Output:	Pt 100, 3-wire connection
		Uncertainty at 0°C (+32°F):	±0.1°C (±0.2°F), Pt 100
		Sensor type:	Pt 100 1/3 DIN 43760B

3 KÄYTTÖOHJEET

HUOM! Näyttölaitteen tai mittapään korjaaminen (muu kuin kosteus- ja lämpötila-anturin vaihto) tai niiden rakenteen muuntaminen ilman Vaisala Oy:n kirjallista suostumusta mitätöi laitteille annetun takuun.

3.1 Paristo

Laitteen mukana toimitetaan 9 V kuivaparisto, joka sijoitetaan laitteen pohjassa olevaan paristokoteloon ja kytketään neppariiliittimellä paikoilleen. Mittaria voidaan käyttää myös ladattavalla NiCd-akulla, jonka nimellisjännite on 8,4 V. Akku on kuitenkin ladattava muualla, koska näyttölaitteessa ei ole latausmahdollisuutta. Pisin käyttöaika saavutetaan käyttämällä alkaaliparistoa, tällöin yksi paristo riittää noin 30 käyttötuntiin.

3.2 Alijännitteen Ilmaisu

Paristo- tai akkujännitteen laskiessa tietyn rajan alapuolelle alkaa näytön vasemmassa yläkulmassa vilkkua nuoli. Tämä on merkki alijännitteestä, jolloin on syytä vaihtaa tuore paristo laitteeseen (tai akku on ladattava).

3.3 Käyttökylkimet

Laitteen vasemmassa sivussa on kaksi painiketta, joiden toiminnot ovat seuraavat:

1. Punainen painike
 - Painike yläasennossa OFF: virta katkaistu.
 - Painike ala-asennossa ON: laite toiminnassa.
2. Musta painike
 - Painike yläasennossa % RH: kosteusmittaus. Tällöin näytön oikeassa yläkulmassa palava segmentti osoittaa % RH.
 - Painike ala-asennossa °C: lämpötilamittaus. Tällöin näytön oikeassa alakulmassa palava segmentti osoittaa °C.

3.4 Mittapään liittäminen näyttölaitteeseen

Näyttölaitteen vasemmassa alareunassa on runkoliitin mittapään liittämistä varten. Mittapään pistoke on aina huolellisesti työnnettävä paikoilleen ja varmistettava lukitusrenkaalla.

3.4.1. Erilaiset mittapäät

Seuraavat Vaisalan kosteus- ja lämpömittarit voidaan liittää näyttölaitteeseen HMI 31:

- Kosteuden ja lämpötilan mittaukseen
- Kosteus- ja lämpötilamittapää HMP 31UT
 - Kosteus- ja lämpötilamittapää HMP 32UT
 - Kosteus- ja lämpötilamittapää HMP 16A

3. INSTRUCTIONS FOR OPERATION

3.1 Battery

A 9 V dry battery is supplied with the meter. The battery is placed in the battery compartment of the meter. It is connected with a snap on connector. The meter can also be operated from a rechargeable NiCd battery with a nominal voltage of 8.4 V. The battery, however, has to be recharged elsewhere because the indicator has no charging facility. Maximum operation time, about 30 operating hours is obtained by using alkaline battery.

3.2 Low Battery Indication

When the battery voltage falls below a certain limit the text "BAT" appears in the upper left-hand corner of the display. This indicates low voltage. The battery should be replaced or the NiCd battery recharged).

3.3 Pushbuttons

There are two pushbuttons on the left flank of the indicator. These have the following functions:

1. Red pushbutton
 - Button in position OFF: meter switched off.
 - Button in position ON: meter in operation.
2. Black pushbutton
 - Button in position % RH: humidity measurement. In this case the segment in the upper right-hand corner of the display is pointing at % RH.
 - Button in position °C/°F: temperature measurement. In this case the segment at the lower right-hand corner of the display is pointing at °C/°F.

3.4 Connecting Probe to Indicator

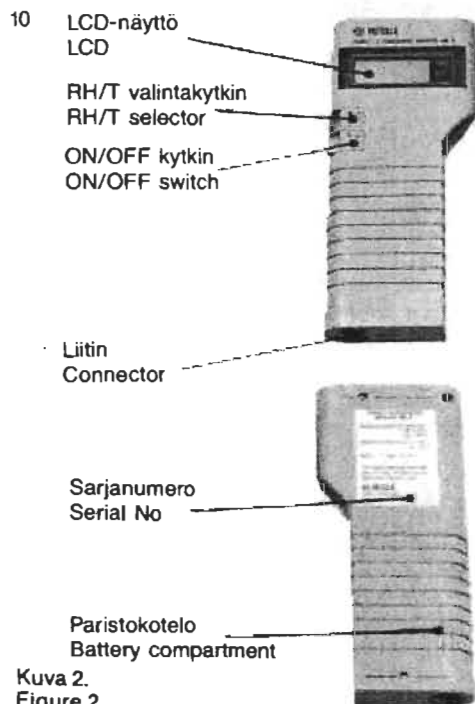
The Amphenol socket on the lower left-hand side of the Indicator is for connecting the probe. Always carefully insert the connector in place and secure it with the locking ring.

3.4.1 Different Measuring Probes

The following Vaisala Humidity and Temperature Probes can be used with the HMI 31 Indicator:

For RH and T measurement:

- HMP 31 UT Humidity and Temperature Probe
- HMP 32 UT Humidity and Temperature Probe
- HMP 16 A Humidity and Temperature Probe



Kuva 2.
Figure 2.

Lämpötilan mittaukseen
— Pintalämpötilamittapää 0903
— Pistolämpötilamittapää 0904

Mittapää HMP 31UT:n tekniset tiedot on esitetty tässä käyttöohjeessa. Annamme mielellämme lisätietoja myös muista mittapäistämme.

3.5 Kosteuden mittaus (RH)

Suhteellista kosteutta (RH) mitattaessa mittapää liitetään huolellisesti näyttölaitteen liittimeen. Virta mittarille kytketään punaisesta painikkeesta (asento ON) ja kosteusmittaus aktivoidaan mustasta painonapista (asento % RH). Laite on nyt valmiina mittaamaan ilman suhteellista kosteutta alueella 0...100 % RH.

Kuva 2. Näyttölaitteen HMI 31 osat.

3.5.1 Kosteuden mittauksessa huomioitavaa

Lämpötilatasapaino on eräs suurimpia suhteellisen kosteuden mittaukseen liittyvistä ongelmista. Pienikin lämpötilaero mitattavan kohteen ja mittauselementin välillä aiheuttaa mittaustulokseen virheen.

Esimerkiksi lämpötilassa +20°C suhteellisen kosteuden ollessa 50 % RH, $\pm 1^\circ\text{C}$ lämpötilaero mitattavan kohteen ja mittauselementin välillä aiheuttaa noin ± 3 % RH mittausrvirheen. Vastaavasti 90 % RH kosteudessa virhe on noin ± 6 % RH.

Suurimpana lämpötilaeron aiheuttajana voi esiintyä lämmönjohtuminen, esim. käden lämmön siirtyminen vaippaputkea pitkin kosteusanturilin. Tästä syystä tartu mittapäähän aina mahdollisimman läheltä mittajohtoa. Samoin anna mittapään lämpötilan aina tasautua mittaustulokseen lämpötilan mukaiseksi ennen näytön lukemista.

3.6 Lämpötilan mittaus (T)

Laite mittaa lämpötilaa kun musta painike painetaan asentoon °C/°F. Lämpötilan mittaustulos on $-40...+80^\circ\text{C}$ tai vastaavasti $-40...+17^\circ\text{F}$ riippuen siitä, onko laite kytketty Celsius (°C)- vai Fahrenheit (°F)- asteikolle (ks. kohta 3.6.1).

3.6.1 °C- tai °F- asteikon valinta

Näyttölaitteen HMI 31 lämpötilakanava on asetettu tehtaalta Celsius-asteikolle. Tällöin oikosulkupistoke GAIN (X6S) on asetettu nastojen 3 ja 4 väliin sekä oikosulkupistoke OFFSET (X7S) nastojen 6 ja 7 väliin liittimellä X4P.

For T measurement only:

- Temperature Probe 0903, surface type
- Temperature Probe 0904, immersion type

The specifications of the HMP 31UT are given in this manual. For information about other probes, please contact Vaisala Oy or your local representative.

3.5 Humidity Measurement (RH)

To measure relative humidity (RH), connect the probe to the socket. Switch on the indicator by depressing the red push button and set the RH measuring mode with the black pushbutton (position % RH). The unit is now ready for humidity measurement in the range 0 to 100 % RH.

Figure 2. Indicator HMI 31.

3.5.1 Important in Humidity Measurement

Temperature equilibrium is one of the problems in humidity measurement. Even the slightest temperature difference between the measurement object and the sensing element causes an error in the result.



For instance at a temperature of +20°C and a relative humidity of 50 % RH, a $\pm 1^\circ\text{C}$ temperature difference between the measurement object and the sensing element causes a measurement error of about ± 3 % RH. Correspondingly, with the relative humidity 90 % RH, the error is about ± 6 % RH.

A temperature difference can be caused by temperature conduction, for instance transfer of heat from the hand via the probe tube to the humidity sensor. For this reason **always** take hold of the probe as near the connecting cable as possible. Likewise always allow the probe some time to reach the temperature of the object being measured before reading the indication.

3.6 Temperature Measurement (T)

Temperature is displayed when the black pushbutton is depressed to position °C/°F. The unit measures temperatures in the range -40 to $+80^\circ\text{C}$ or -40 to $+176^\circ\text{F}$, depending on internal jumper settings (see chapter 3.6.1).

3.6.1 Selecting °C or °F Scale

The indicator is set at the factory to register temperature in the °C range. GAIN jumper X6S is between pins 3 and 4, and OFFSET jumper X7S between pins 6 and 7 of connector X4P.

Jos lämpötila halutaan mitata Fahrenheit-asteikolla, oikosulkupistoke GAIN pitää siirtää nastojen 4 ja 5 väliin ja oikosulkupistoke OFFSET nastojen 7 ja 8 väliin.

3.7 Anturin suojaus ja käsittely

Mittakärjessä olevat HUMICAP[®] 1638 HM kosteusanturi ja Pt 100 lämpötila-anturi on suojattu muoviritillä.

ITSE ANTURIIN EI SAA KOSKEA!

Mittauksissa, jotka tapahtuvat puhtaassa ilmassa ja joissa ei esiinny epäpuhtauksia voidaan käyttää muoviritilää. Tällaisia mittauksia ovat esimerkiksi normaalit huonetilassa, vakiokosteushuoneissa, varastoissa ja erilaisissa testauskammioissa tapahtuvat mittaukset.

Mittauksissa joissa mitattavassa tilassa voi esiintyä paljon epäpuhtauksia, on käytettävä kalvosuodinta. Tällaisia mittauksia ovat esimerkiksi ilmastointikanavasta tapahtuvat mittaukset. Mitattaessa jauhemaisen tai rakeisen aineen seasta tasapainokosteutta on kalvosuotimen tilalla käytettävä sintrattua suodinta, jonka mekaaninen kestävyys on parempi.

Sintrattuja suotimia on saatavana lisävarusteeksi kahta eri tiheyttä, 216 µm ja 37 µm.

Suotimia käytettäessä on kuitenkin huomioitava, että ne pidentävät hieman kosteus- ja lämpötilamittauksen aikavakiota.

3.8 Kosteusanturin puhdistus

Anturin pinnalle kerrostunut noki, pöly tai muu kiinteä lika poistetaan puhaltamalla (ei paineilmaila). Anturin peseminen ei yleensä ole suositeltavaa, mutta pahasti likaantunutta anturia voidaan kuitenkin yrittää puhdistaa kastamalla se tislattuun veteen hetkeksi, jolloin irtoava lika yleensä lähtee. Liuotinaineita ei saa käyttää. Anturin kuivatus tapahtuu kevyesti puhaltamalla (ei paineilmaila).

3.9 Jatkojohdon käyttö

Mittapään HMP 31 UT oma mittausjohto on 1,5 m pitkä eikä siihen suositella liitettäväksi jatkojohtoa, koska tällöin lämpötilamittauksen linjavastus muuttuu ja sen vaikutus on lämpötilamittauksen tarkkuutta huonontava.

4. HUOLTO-OHJEET

4.1 Kosteuskalibrointi

Käyttöolosuhteista ja vaadittavasta mittaustarkkuudesta riippuen HUMICAP[®] kosteus- ja lämpötila-

If temperature is to be measured in degrees Fahrenheit (°F), the GAIN jumper must be placed between pins 4 and 5 and OFFSET jumper between pins 7 and 8.

3.7 Sensor Protection and Handling

The HUMICAP[®] 1638 HM humidity sensor and the Pt 100 temperature element are protected by a plastic grid.

NOTE: DO NOT TOUCH THE SENSOR!

In measurements performed in "clean" air a plastic grid can be used. This means for instance normal room conditions, constant humidity rooms, storage spaces or test chambers.

For measurements where impurities may be present a sintered filter must be used. Examples of this are measurements carried out in ventilation ducts. When measuring equilibrium humidity in granulated or powdered substances a sintered filter is needed because it is more durable.

Two types of sintered filters, 216 µm and 37 µm are available. Note, however, that when sintered filters are used the response time is slightly longer.

3.8 Cleaning the Humidity Sensor

Remove any soot, dust or other solids deposited on the sensor by blowing gently (do not use compressed air).

Washing the sensor is not recommendable. However, if a sensor is very dirty, cleaning can be attempted by immersing it into distilled water for a minute or two. Normally this is enough to remove the dirt. Dry out the sensor by blowing gently (no compressed air). Do not use solvents or detergents but distilled water.

3.9 Extension Cable

The connection cable of the HMP 31 UT Probe is of 1.5 m length. Use of an extension cable with it is not recommendable because this changes the line resistance in temperature measurement, detracting from measuring accuracy.

4. SERVICE INSTRUCTIONS

4.1 Humidity Calibration

Depending on operating conditions and required measurement accuracy the calibration of the

lomituspään HMP 31 UT kalibrointi voidaan tarkistaa sopivin väliajoin, esim. kaksi tai kolme kertaa vuodessa. Tarkistustiheys määräytyy parhaiten kokemuseräisesti, kulloinkin kyseisiä olosuhteita vastaavaksi.

4.2 Erilaiset kalibrointimenettelyt

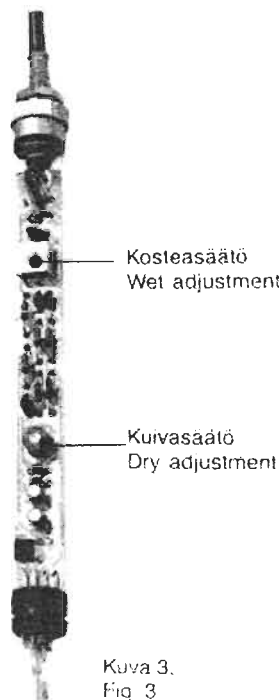
Käytettävä kalibrointimenettely määräytyy käytön sekä halutun tarkkuuden mukaan. Kalibrointi suoritetaan kalibrointilaitteen HMK 11 avulla (ks. kuva 5). Kalibrointimenetelmä perustuu kyllästettyjen suolaliuosten aiheuttaman vesihöyryn paineeseen. Metallikotelo sisällä on lasipullot LiCl (litiumkloridi, vastaa 12 % RH) ja NaCl (natriumkloridi, vastaa 75 % RH) suolaliuksille. Kannen päältä luettava lämpömittari mittaa kalibrointilaitteen lämpötilan. Suolaliuosten kosteus- ja lämpötila-asteikko on painettu kalibrointilaitteen päälle.

4.3 Tehdaskalibrointi

Mittapää toimitetaan tehtaalta valmiiksi kalibroituina, joten se on heti käyttövalmis.

4.4 Kosteussäätimet

Kosteussäätimet sijaitsevat mittapään komponentilevyllä (ks. kuva 3). Niihin päästään käsiksi irrottamalla anturin suojus ja vaippaputki. Mittapään mukana toimitetaan ruuvitallta säätää varten.



Kuva 3.
Fig. 3

Kuva 3. Mittapää HMP 31 UT avattuna.

4.5 Mittaukset alueella 0...100 % RH

Normaali kalibrointi koko mittausalueelle.

- Annetaan mittapään lämpötilan tasautua ainakin 30 minuuttia samaksi ympäristön ja kalibrointilaitteen HMK 11 lämpötilan kanssa ennen kalibroinnin aloittamista.
- Liitetään mittapää näyttölaitteeseen huolellisesti, poistetaan anturisuojus ja irrotetaan vaippaputki.
- Painetaan näyttölaitteen punainen painike asentoon ON: virta kytkettynä ja musta painike asentoon % RH: kosteusmittaus.
- Asetetaan mittapää kalibrointilaitteen HMK 11 LiCl-pulloon (12 % RH).
- Luetaan jäljempänä olevasta taulukosta LiCl:n kohdalta vallitsevaa lämpötilaa vastaava % RH-arvo.
- Odotetaan 5 minuuttia ja säädetään lähinnä anturia olevalla tasaimella R4 (DRY-säätö, ks. kuva 3) mittarin lukemaksi taulukon antama arvo.
- Siirretään mittapää NaCl-pulloon.
- Luetaan jäljempänä olevasta taulukosta NaCl:n kohdalta vallitsevaa lämpötilaa vastaava % RH-arvo.

HMP 31 UT HUMICAP® Humidity and Temperature Probe should be checked at suitable intervals, for instance two or three times a year. The checking interval is determined best by experience, to suit operating conditions.

4.2 Different Calibration Procedures

The calibration procedure depends on application and desired accuracy. The HMK 11 Calibrator is to be used. Calibration is based on known equilibrium relative humidity of saturated salt solutions of lithium chloride LiCl (12 % RH) and sodium chloride NaCl (75 % RH). Bottles of both solutions are housed in the metal box of the HMK 11 Calibrator providing a stable temperature. A thermometer on the cover measures the temperature of the calibrator. A humidity and temperature table for the salt solutions appears on the cover of the calibrator.

4.3 Factory Calibration

The probe is delivered factory calibrated and is as such ready for use.

4.4 Humidity Adjustments

The humidity adjustment points are on the probe component board (see Fig. 3). They can be reached after removal of the sensor guard and cover tube. Adjustment is carried out with the screwdriver supplied with the probe.

Figure 3. Probe HMP 31UT opened.

4.5 Measurements in Range 0 to 100 % RH

Normal calibration for whole humidity range:

- Keep the indicator and the probe for 30 minutes at least at the same temperature as the HMK 11 Calibrator before calibration, to allow for temperature stabilization.
- Carefully plug the probe to the indicator, remove the sensor guard and cover tube.
- Switch ON power by pressing the red button and press the black button into position % RH: Humidity Measurement.
- Place the probe into the LiCl bottle (12 % RH) of the HMK 11 Calibrator.
- Read the thermometer on the Calibrator lid and note the corresponding % RH value for LiCl from the calibration table on the following page.
- Wait for 5 minutes and adjust with potentiometer R4 near the sensor (DRY adjustment, see Fig. 3) the display of the indicator to show the value obtained from the table.
- Place the probe into the NaCl bottle.
- Note, from the following table, the % RH value for NaCl that corresponds to the temperature.

- Odotetaan 5 minuuttia ja säädetään lähinnä mittapään kaapelia olevalla tasaimella R8 (WET-säätö, ks. kuva 3) mittarin lukemaksi taulukon antama arvo.
- Koska säädöt vaikuttavat toisiinsa, tulee kalibroinnit toistaa kunnes % RH -lukemat ovat annetuissa arvoissa mittapäästä pullosta toiseen siirrettäessä.

4.6 Pitkäaikaiset ja jatkuvat mittaukset alueella 75 ... 100 % RH

Siinä tapauksessa, että halutaan paras mahdollinen tarkkuus alueelle 75...100 % tai mittaukset suoritetaan jatkuvasti tällä alueella, kalibroidaan kohdan 4.5 mukaisesti. Tämän jälkeen mittapää jätetään vähintään 7 tunniksi (yön yli) K_2SO_4 -pulloon (97 %) ennen säätämistä.

KALIBROINTITTAULUKKO

Lämpötila	°C	10	15	20	25	30	35	40	45
LiCl	% RH *)	12,4	12,0	11,8	11,7	11,6	11,5		
NaCl	% RH	75,2	75,3	75,5	75,8	75,6	75,5	75,4	75,1
K_2SO_4	% RH	97,9	97,5	97,2	96,9	96,6	96,4	96,2	96,0

*) Kalibrointia LiCl-pullossa ei suositella alle +18°C lämpötilassa.

4.7 HUMICAP® kosteusanturin vaihto

Mikäli kosteusanturi on jostakin syystä vaurioitunut, se voidaan helposti vaihtaa uuteen seuraavasti:

- Ensinnäkin poistetaan anturin suojana oleva muoviristilä. Liitinnastalla varustettu anturi vedetään irti liitinkannasta.
- Uusi anturi asetetaan paikoilleen sisempään nastapariin (ks. kuva 4) samalla varoen koskettamasta anturin tasopintoja.

Kosteusanturin vaihdon yhteydessä mittapää on aina uudelleen kalibroitava kohdan 4 mukaan.

Kuva 4. Kosteus- ja lämpötila-anturin liitäntä

4.8 Pt 100 lämpötila-anturin vaihto

Vioittunut lämpötila-anturi, Pt 100 elementti irrota-
taan ja uusi anturi kiinnitetään liitinnastoihin pienellä juottimella. Juotettaessa on valvottava ettei hartsikäryä pääse HUMICAP® 1638 HM kosteusanturiin.

Lämpötila-anturin vaihdon jälkeen ei uudelleenkalibrointi ole tarpeen.

- Wait for 5 minutes and adjust with potentiometer R8 near the probe cable (WET adjustment, see Fig. 3) the display of the indicator to show the value obtained from the table.
- As the adjustments may affect each other it is advisable to repeat them until the readouts are the same as the given values when shifting the probe from one bottle to the other.

4.6 Long-term or Continuous Measurements above 75 % RH

In case the probe is used for hours, or continuously, in conditions with over 75 % RH humidity and the best accuracy is desired, calibrate first according to instructions in Section 4.5. After this, keep the probe in the K_2SO_4 solution bottle for 7 hours before adjustment.

CALIBRATION TABLE

Temperature	°C	10	15	20	25	30	35	40	45
LiCl	% RH *)	12,4	12,0	11,8	11,7	11,6	11,5		
NaCl	% RH	75,2	75,3	75,5	75,8	75,6	75,5	75,4	75,1
K_2SO_4	% RH	97,9	97,5	97,2	96,9	96,6	96,4	96,2	96,0

NOTE: Calibration in LiCl bottle is not recommended at temperatures below +18°C (+64°F).

4.7 Replacement of HUMICAP® Humidity Sensor

If damaged for any reason, the humidity sensor can easily be replaced in the following way:

- First remove the plastic grid protecting the sensor. Then pull the sensor with plug out of the socket.
- Insert new sensor in place (see Fig. 4); carefully avoid touching the sensor surface.

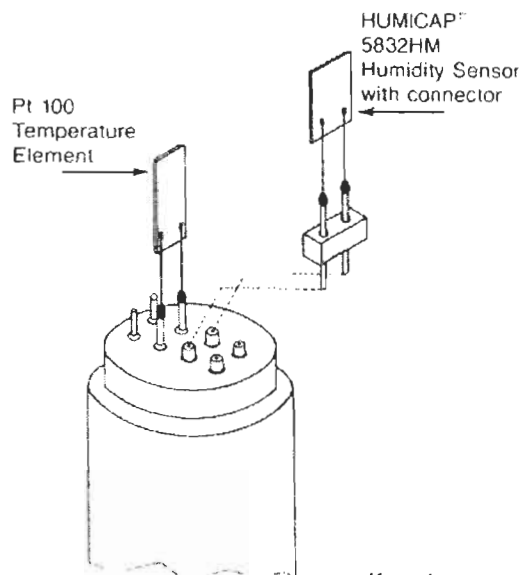
After replacement of the humidity sensor, the probe should always be recalibrated as described in Section 4.5 or 4.6.

Figure 4. Connection of Humidity and Temperature Sensor

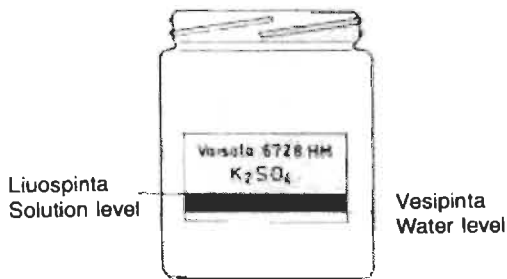
4.8 Replacement of Pt 100 Temperature Element

Remove damaged temperature sensor (Pt 100 Element) and solder a new one in its place using a small soldering iron. Take care that no resin fumes pass to the HUMICAP® 1638 HM Humidity Sensor.

After replacement of a temperature element, recalibration is not necessary.



Kuva 4.
Fig. 4.



Kuva 5.
Fig. 5.

5. KALIBROINTILAITTEEN HMK 11 KÄYTTÖOHOTTO

- Avataan laitekansi irrottamalla ruuvit.
- Poistetaan kalibrointiaukkojen tulpat.
- Avataan veitsellä pullojen muovikansiin kalibrointiaukot leikkausuraa myöten (vain ne aukot, joita tarvitaan).

Suolaliuoksen tekeminen:

LiCl-pullo

- Kaadetaan pulloon merkkiviivan alareunan korkeudelle tislattua vettä (ks. kuva 5).

Kuva 5. Suolaliuospullo ja kalibrointilaitte HMK 11

- Ripotellaan litiumkloridia (LiCl) pulloon, samalla hämmäntäen, niin paljon että liuoksen pinta saavuttaa merkkiviivan yläreunan (liuettessaan LiCl lämpenee voimakkaasti).

NaCl-pullo

- Kaadetaan pulloon tislattua vettä merkkiviivan alareunan korkeudelle.

- Natriumkloridia (NaCl) pulloon lisättäessä menetellään samoin kuin edellä litiumkloridia lisättäessä (liuettessaan NaCl jäähtyy).

K_2SO_4 -liuos valmistetaan NaCl-pulloon em. ohjetta noudattaen.

HUOM! Vettä ja suolaa annosteltaessa on erittäin tärkeää huomioida, että liuoksista tulee kylläisiä. Liuos on kylläinen kun pullon pohjalle jää kerros suolakiteitä.

- Katsotaan, että muovikannet asettuvat tiiviisti pullojen päälle metallikanta ruuveilla suljettuna.
- Suljetaan kalibrointitaulukot tulpilla. Nämä on **aina** pidettävä suljettuina paitsi mittapäättä niissä käytettäessä.
- Annetaan laitteen olla suljettuna **vuorokauden ajan**, jotta liukenemisreaktioiden aiheuttamat lämpötilaerot ehtivät poistua.
- Merkitään liuosten tekopäivä tarralapulle kalibrointilaitteen kanteen ilmaisemaan liuosten ikä.

Normaalikäytössä samat suolat säilyvät käyttökelpoisina ainakin vuoden.

5. CALIBRATOR HMK 11 PREPARATIONS FOR USE

- Remove the screws to open lid.
- Remove rubber plugs.
- Cut along perforations in the plastic lid with a knife.

Preparation of solution:

LiCl-pullo

- Pour distilled water into LiCl bottle up to the lower edge of the black marking line (see Fig. 5).

Figure 5. Salt solution bottle and Calibrator HMK 11

- Add lithium chloride (LiCl) into the bottle until the solution reaches the upper edge of the marking line while stirring the solution (when LiCl dissolves the solution warms up).

NaCl bottle

- Pour distilled water into the bottle up to the lower edge of the black marking line.

- Add sodium chloride (NaCl) in the same way as LiCl above (when NaCl dissolves the solution cools down).

NOTE: When preparing salt solutions make sure that both solutions are saturated. There must be at least a thin layer of salt crystals on the bottom of the bottle.

- When tightening the metal cover screws ensure that plastic caps are firmly in place on the bottles.
- Close calibration openings with rubber plugs. The holes must **always** to be kept closed except when a probe is inserted for calibration.
- Leave the calibrator closed for **24 hours** to allow temperature equalization.
- Mark the date or preparation of the solutions on a self adhesive label on the calibrator lid. In normal use the solutions in the bottles will remain usable at least for a year.

6. VARAOSAT

Osa nro Nimitys

5832	HUMICAP [®] 1638 HM kosteusanturi
7095	Pt 100 1/3 DIN 43760 B lämpötila-anturi
6686	Sintrattu suodin 216 µm (lisävaruste)
6685	Sintrattu suodin 37 µm (lisävaruste)
0176	Muoviritilä
0332	Paristo 9 V, IEC 6 F 22

1. kelt. = Kosteuslähtö "+"
2. rusk. = 3,60 V käyttöjännite
3. sin. = Varalla
4. v.pun. = Maadoitus, Pt 100
5. valk. = Pt 100
6. vihr. = Kosteuslähtö "-"
7. harm. = Pt 100

6. RECOMMENDED SPARE PARTS AND ACCESSORIES

Part No. Description

Spares

5832	Humidity Sensor HUMICAP [®] 1638 HM
7095	Temperature Element Pt 100 1/3 DIN 43760B
6686	Sintered Filter 216 µm (option)
6685	Sintered Filter 37 µm (option)
0176	Plastic Grid
0332	Battery 9 V, IEC 6 F 22

Accessories

0639	Carrying Case
0903	Temperature Probe, surface type
0904	Temperature Probe, immersion type

The electrical connections of the HMP 31 UT Probe are indicated below.

1. yellow = Humidity output (+)
2. brown = 3.60 V operating voltage
3. blue = Spare
4. pink = Ground, Pt 100
5. white = Pt 100
6. green = Humidity output (-)
7. grey = Pt 100

Kuva 6. Kuvassa vasemmalta: kantolaukku 0639, näyttölaite HMI 31, mittapää HMP 31UT, sekä lämpötilamittapäät 0904 ja 0903.

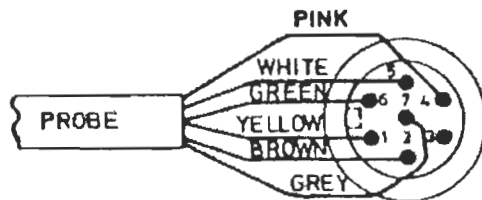
Figure 6. Carrying Case 0639, HMI 31 Indicator, HMP 31 UT Probe, Temperature Probes 0904 and 0903.



Kuva 6.
Fig. 6.

Kuva 7. Mittapään liittimen kytkentä

Figure 7. Amphenol Connector Wiring



Kuva 7.
Figure 7.

7. TAKUU

Vaisala Oy antaa HUMICAP[®] kosteus- ja lämpömittarin sekä mittapään ostajalle takuun sen toiminnasta normaaleissa käyttöolosuhteissa seuraavasti: materiaalin ja työn osalta yksi (1) vuosi ostopäivästä lukien sekä kosteusanturin osalta kolme (3) kuukautta ostopäivästä lukien.

Poikkeukselliset käyttöolosuhteet, huolimattomasta käsittelystä johtuva vahinko ja käyttövirhe eivät oikeuta takuukorvaukseen.

7. GUARANTEE

Vaisala Oy issues a guarantee for the functioning of this HUMICAP[®] Humidity and Temperature Meter under normal operating conditions as follows: For material and workmanship, one (1) year from date of purchase, for the Humidity Sensor, three (3) months from date of purchase.

Exceptional operating conditions, damage due to careless handling and misapplication do not entitle the user to a guarantee.

No part of this document may be reproduced in any form or by any means, electronic or mechanical (including photocopying), nor may the contents be communicated to a third part without a prior written permission of the copyright holder.

The contents of the instruction manuals are subject to change without a prior notice.

Anémomètre électronique

Model Turbometer

Mesure la vitesse du vent en mph, noeuds, pieds par minute et mètres par seconde. Cet appareil de poche est doté d'une turbine libre qui tourne à une vitesse proportionnelle à celle du vent. Pour assurer un maximum de précision, la turbine est montée sur un axe de pivot, et sa rotation est détectée par un rayon infrarouge qui n'exerce aucune friction. Un affichage à trois chiffres est utilisé pour une meilleure résolution et fournit un excellent contraste lors de lecture sous la lumière directe du soleil.



Inclus un cordon pour les poignets, un boîtier protecteur et un manuel d'instructions. La température de fonctionnement est de 32°F à 122°F. Dimensions: 1.16" haut. x 2.6" larg. x 4.65" long. Trois piles AA sont requises mais non incluses.

SPECIFICATIONS					
Échelle	Plage	Résolution	Moy. en sec.	Seuil	Précision
Noeud	0-87.9	0.1 noeud	1 1/2	0.9 noeud	+4%, -2% or ±0.1 knot
Pieds/Min.	0-8790	10 FPM	1 1/2	90 FPM	±3% or ± 10 FPM
Mètres/Sec.	0-44.8	0.1 m/s	3/4	0.5 m/s	±3% or ±1 m/s
Mille/heures	0-99.9	0.1 MPH	1 5/8	1 MPH	±3% or ±1 MPH



Marine :

[Overview](#)[Search for Product](#)

Products

[Comfort & Storage](#)[Docking & Fishing](#)[Lighting](#)[Maintenance](#)[Motors & Steering](#)[Navigation/Charting](#)[Quick Ref Cards](#)[Replacement Parts](#)[Safety](#)[Sailing](#)[Wind Indicators](#)[Other Marine Sites](#)[Photo Gallery](#)[Davis Logo Wear](#)

Turbo Meter™

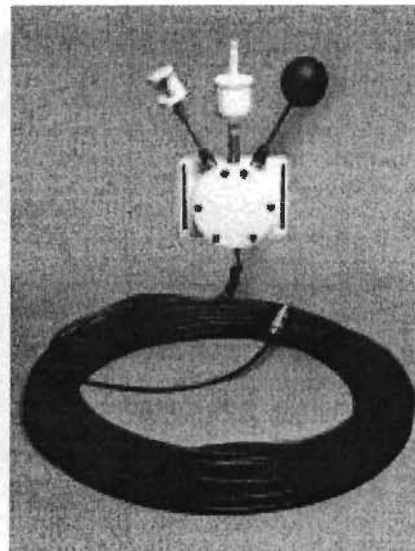
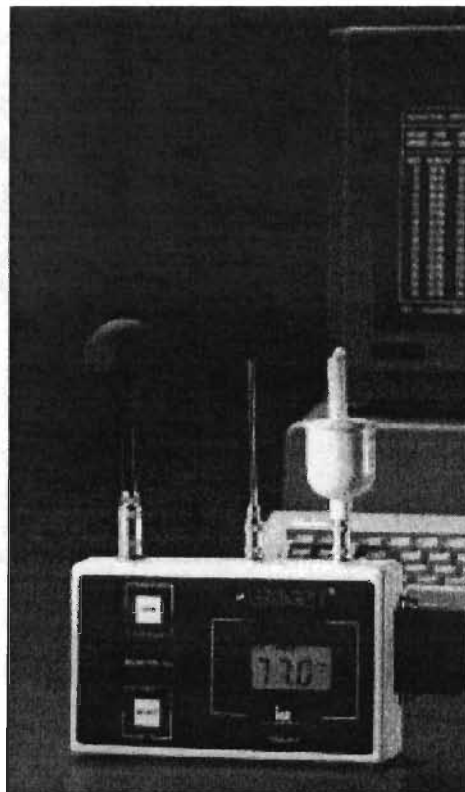
The Turbo Meter provides uncommon accuracy, sensitivity, and pocket-sized convenience. It is based on the principle that a freely turning turbine will rotate at a speed directly proportional to the wind speed. To insure maximum sensitivity and accuracy, the turbine is suspended on sapphire jewel bearings, and its rotation is sensed by an infrared light beam which adds no friction. The resulting signal is processed electronically by an LSI (Large Scale Integrated) circuit for improved reliability and reduced size. A special three digit display is used for extra resolution and provides excellent viewing contrast in bright sunlight. A handy switch selects between four different scales —knots, feet per minute, meters per second, and miles per hour — for unmatched versatility.

[\(enlarge product image\)](#)

- [NIST Certification](#)

Heat Stress Monitoring Systems

Environmental Heat Stress Monitoring Wet Bulb Globe Temperature Meter (WBGT)



**The last thing
you need is a
worker down
with heat stress.**

Features

- Intrinsically safe CSA STD C22.2 No. 157-M1987
- High reliability (MTBF=171,000 hrs.)
- Dust and splash-proof construction
- Hand held
- Fast responding (<3 minutes typical)
- Direct reading of outdoor and indoor WBGT, WB, DB or GT Vernon Globe equivalent temperatures
- Calculates time weighted mean WBGT and metabolic rates
- Calculates work rest ratios
- Complete kit
- Individually replaceable sensors
- Self-diagnosis feature at every power-up verifies monitor operation
- Quick in-the-field function check
- Microprocessor based
- Lightweight
- Accurate (calculates to 1/100th degree displays to 1/10th degree)
- Carrying case: high quality, foam-lined, copolymer construction
- Available with optional built-in data logger
- Remote operation option with extension cable
- Choose between C/ F readings with push of a button
- Output jack for strip chart recorder (0-1V D.C.)
- Base nut for tripod mounting
- Low battery indicator (rechargeable Ni-Cd)
- Can operate indefinitely on supplied A.C. adapter
- Windows software

Specifications

Calibration Range Verified

25 C
45 C
60 C

Range can be extended to 100 C/199.9 F through an optional extension cable.

WBGT values are calculated as follows:

WBGT (outdoor) =
0.7WB + 0.2GT + 0.1DB

WBGT (indoor) =
0.7WB + 0.3GT

WB = Wet Bulb
GT = Vernon Globe equivalent temperature
DB = Dry Bulb

Accuracy

Resolution 0.1 C/0.1 F

Electronics Accuracy including Temperature Coefficient -0.1 C/0.2 F

Measurement Accuracy -0.4 C/0.7 F within calibration range

Sensors

Globe Temperature
Patented construction provides characteristics identical to 6" Vernon globe.

Dry Bulb

Ambient air temperature

Wet Bulb

Wick-covered sensor with reservoir, wetted with deionized or distilled water.

Battery Life

Rechargeable 9V Ni-Cd battery gives 17 hours of continuous operation. Charger plugs into monitor. Can operate unit while charging. (Recharges in less than 14 hours.)

Response Time

(to a step change in WBGT)

Less than 2.2 minutes (2.0 minutes typical) to the 90% responded level.

Less than 4.5 minutes (4.2 minutes typical) to the 95% responded level.

Notes:

1) Electronics warm-up takes less than 3 seconds. Provided the sensors are acclimatized, readings taken as soon as the meter reading stabilizes (<3 sec.) are valid.

2) For most practical purposes, the 95% response time can be considered as fully responded.

Size

	w	h	d
Meter	15.8	9.5	4.5 cm
	6.2	3.75	1.75 in

Overall height with sensors attached: 19.8cm/7.8"

Weight: 350g/12oz.

RSS-214 WiBGeT[®] Comes Complete With:

- Meter unit, sensors, carry case
- Water bottle, wet bulb kit, demineralizer
- Owner instruction manual
- Function check plug
- 9V Ni-Cd battery
- Battery charger
- Windows software with data logger version

Accessories

Add-in Data Logger

- Allows up to 511 records of data to be stored and output later through a serial port.

- Data can be logged manually or at preselected intervals of 0.5, 1, 2, 5, 6, 10, 20 or 30 minutes.

- Current sensor data may be viewed while logging.

- Most recent data is transmitted first (reverse chronological) to your PC.

- Data is secure—even if battery fails or is removed.

- Data output provides: Record number, date and time, WB, DB, GT, In WBGT, Out WBGT.

- Software provides for data storage, retrieval and calculates time weighted mean WBGT and time weighted metabolic rates.

Personal Sensor Set (hard hat mounted)

Allows the RSS-214 with data logger to become a personal WBGT dosimeter

Remote Sensor Set

Sensor assembly extension cables available for indoor or outdoor weatherproof use. Available lengths include: 20', 50' and 100'.

Part #323-2200, 2201, 2202, 2203 (For weatherproof option, add, "wp" to part #.)

Replacement Parts

Wet Bulb Sensor

Part #323-1203

Dry Bulb Sensor

Part #323-1402

Globe Sensor

Part #323-1003

Wet Bulb Kit (demineralizer, 6 wicks, 2 sponges)

Part #323-5020

Software Diskette (3.5")

Part #043-06852

Function Check Plug

Part #323-2400

The RSS-214 WiBGeT's unique patented Globe Temperature (GT) sensor provides a faster response than the Vernon globe. The conventional 6" Vernon globe requires 20 minutes or more to stabilize, while the special small globe used in the WiBGeT family of Heat Stress Monitors typically requires three minutes to give the "Vernon-globe equivalent" temperature.*

For additional information:

ist-aim

Distributed by AFC International Inc
PO Box 894 • DeMotte IN 46310

800-952-3293
219-987-6825 * fax 219-987-6826
www.afcintl.com

www.istcorp.com

*American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Threshold Limit Values.

Polar S610i™

- ▶ Product Main Page
- ▶ All Features
- ▶ Accessories
- ▶ Support & Download



All features Polar S610i™

Why Heart Rate Monitoring?

Polar Glossary

Polar Personal Trainer

Register now for our interactive on-line service, helping you keep track of your cycling skills with a personal training diary.

Polar exercise features

Wireless ECG accurate heart rate	■
Exercise Set	5
OwnCode®	■
Polar Fitness Test	■
Target zones with visual and audible alarm	3
HR max (Polar Fitness test-based)	■
Interval timers	■
Independent CountDown / CountUp timer	■
Maximum heart rate of total exercise	■
Relaxation rate during exercise	■
Recovery measurement (HR / time)	■
Number of exercise files	99
Online recording with optional Polar IR Interface	■
Records heart rate at 5, 15 or 60 secs	■

Cycling features

Trip	
Speed average and max	
Distance based interval	
Distance based recovery measurement	
Wheel size settings for two bicycles	
Bike mount	optional
Speed sensor	
Cadence sensor	
Power output sensor	
Temperature and altitude	

Computer connection features

Two-way infrared data communication	■
SonicLink, exercise data download to SW	■
UpLink, settings upload from SW to HRM	■
Polar Precision Performance 4 SW	■
Optional IR Interface (for RS 232 serial port or for USB port)	■

Watch features

Time of day (12/24h) with alarm	▪
Dual time zone	▪
Date and weekday indicator	▪
Stopwatch	▪
Exercise reminder (visual)	
Water resistant	50m
Backlight	▪
Low battery indicator	▪

Products
& ServicesPatient
MonitoringService
& SupportInfo You
Can UseStudents
OnlyDistributors
OnlyU.S. Federal
Government

Products & Services

[Electronic Catalog](#) | [Patient Monitoring](#) | [Product Catalogs](#) | [Product Search](#)
[Featured Products/Offers](#) | [U.S. Federal Government](#)

[Categories](#) > [Families](#) > [Types](#) > [Products](#)

Welch Allyn® SureTemp® Plus 690 Thermometers Model 01690-200

Speed, accuracy, security, and convenience in a single thermometer

The Welch Allyn SureTemp is the fastest oral/axillary thermometer on the market.

Prices shown are for sales and shipment in the US only and are subject to change without notice.

International prices will vary significantly due to technical configuration and country-specific import charges, levies, duties, sales taxes, and shipping costs. For pricing and customer service please contact your authorized national Welch Allyn Distributor.

Add to Wish List



Features

- Provides 4-second oral, 10-second pediatric axillary temperatures (children 17 years and younger), 10-second rectal, and 15-second adult axillary temperatures (for 18 years and older)
- Monitor mode capability for measuring 3-5 minute temperatures
- Used probe covers may be ejected automatically
- Large LCD displays temperatures in Fahrenheit or Celsius
- Has last temperature recall capability
- Waterproof, stainless steel probe shaft
- Convenient storage housing for 25 probe covers
- Color-coded, interchangeable and removable probe well to minimize risk of cross-contamination
- Rubberized grips for ease of handling

- User-selectable icon and/or words for identification of thermometer modes
- Battery life indicator

Other Information

To view Quick Reference Guides, Accuracy Studies, and Wall Charts in another language, [Click Here](#)

Additional Documentation

To view PDF documents, you need the free Adobe Acrobat Reader. If you do not already have it, you can [download](#) and install it directly from the Adobe website. When you are done with the PDF file, close the PDF window to return to this page.

- [Operating Manual](#)
- [Oral Mode Quick Reference Guide](#)
- [Adult Axillary Mode Quick Reference Guide](#)
- [Pediatric Axillary Mode Quick Reference Guide](#)
- [Rectal Mode Quick Reference Guide](#)
- [Normal Temperature Quick Reference Guide](#)
- [Sell Sheet](#)

Warranty

2-year limited instrument warranty, 1-year limited probe warranty, 90 day limited removable probe well warranty

Accessories

Click each checkbox to select the accessories you want before adding them to your Wish List.

- ☐ 05031-101: Disposable Probe Covers (1,000)
- ☐ 05031-105: Disposable Probe Covers (5,000)
- ☐ 05031-110: Disposable Probe Covers (10,000)
- ☐ 21326-0000: Wall Holder for 690/692
- ☐ 21330-0000: Holder for Spare Probe & Probe Well for 690/692
- ☐ 06138-000: Calibration Key, Assy for 690/692
- ☐ 02892-000: Probe & Well Kit 4 ft. Rectal
- ☐ 02892-100: Probe & Well Kit 9 ft. Rectal
- ☐ 02893-000: Probe & Well Kit 4 ft. Oral
- ☐ 02893-100: Probe & Well Kit 9 ft. Oral
- ☐ 02891-0000: Probe Well, Blue for 690/692
- ☐ 02891-1000: Probe Well, Red for 690/692
- ☐ 08273-000: Thermometer Stand, 690/692 with Spare Probe & Well Holder
- ☐ 21333-0000: Bracket, M600 Stand Upgrade, 690/692 with Spare

☐ & Well Holder

☐ 21331-0000: Bracket Assembly, 690/692 to Tycos Stand

Add to Wish List

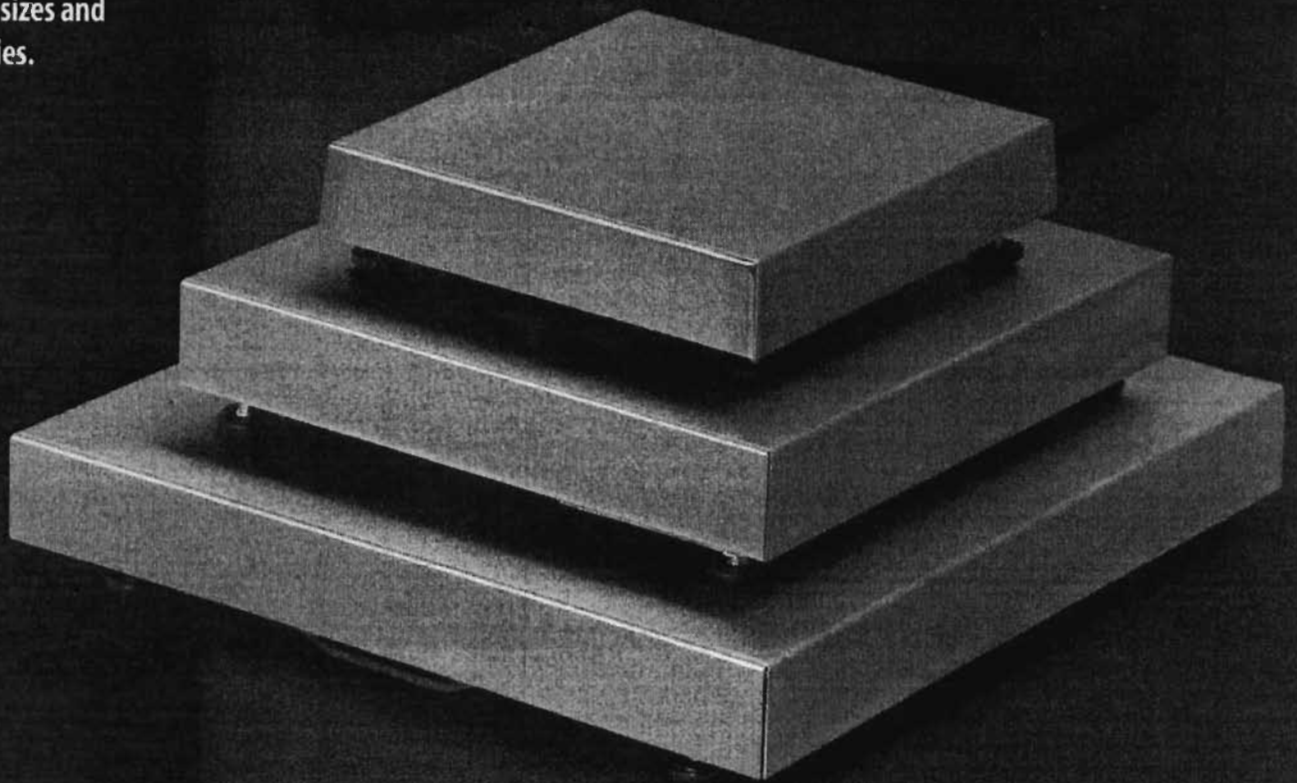
©1997-2004 Welch Allyn, Inc.

[Careers](#) | [Locations](#) | [Priv](#)

Avery Weigh-Tronix

3700LP Bench Bases

A simple, sturdy
workhorse bench
base available in
several sizes and
capacities.



3700LP Bench Bases

Features & Benefits:

Connects to external indicators – Connects to a variety of Avery Weigh-Tronix indicators, such as the WI-125 (shown below).

Convenient selection of sizes – Choose from 3 sizes with capacities from 10 to 250 lbs to fit the needs of any application.

Stainless steel shroud – Resists corrosion and makes cleaning easy.

Reliable – Low maintenance. Single load cell design with no moving parts.

Durabridge construction – (on 250 lb base) Less than 1/2" of deflection in the base. Minimizes shock load and off-center loading error.

Options:

Ball top kit – Ideal for in-line conveyor applications. Minimizes lifting and speeds processing.

Extended cable length – For applications that require more than the standard 10' of interface cable.

Specifications:

Base Model	Capacity Lb (kg)	Overall Dimensions	Resolution Lb (g)
3731LP	10 (5)	10.4" x 10.4" x 2.5"	.002 (1)
3731LP	25 (10)	10.4" x 10.4" x 2.5"	.005 (2)
3731LP	50 (25)	10.4" x 10.4" x 2.5"	.01 (5)
3733LP	100 (50)	14" x 14" x 3.1"	.02 (10)
3733LP	250 (150)	14" x 14" x 3.1"	.05 (20)
3735LP	100 (50)	18" x 18" x 3.2"	.02 (10)
3735LP	250 (150)	18" x 18" x 3.2"	.05 (20)

Cable length – All bases come with 10 feet of four conductor interface cable.

Excitation – Up to 15 VDC (generated by weight display).

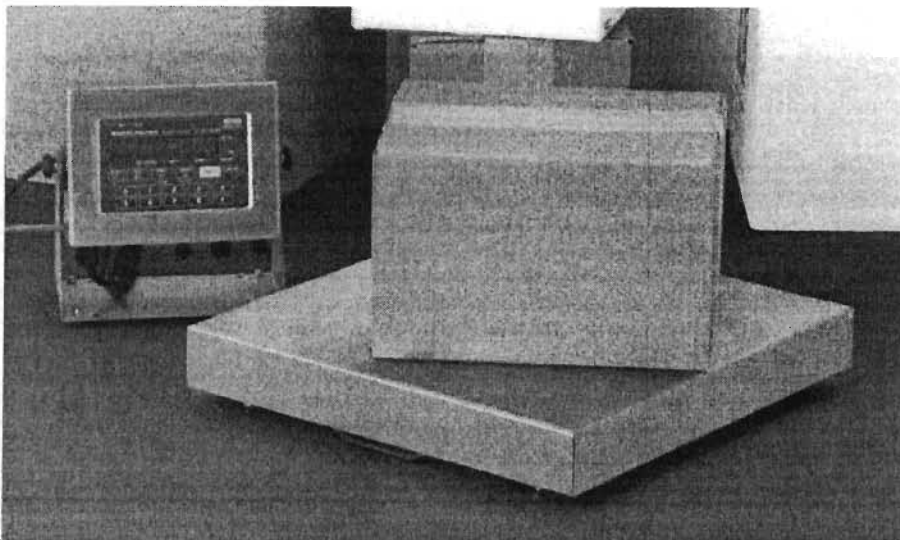
Output – 2mV/V.

Overload – Up to 200% of scale rated capacity.

Operating environment – 41°F to 104°F (5°C to 40°C).
10 to 95% relative humidity, non-condensing.

Agencies –

NTEP Pending (5,000 divisions Class III, C.O.C. # 02-069), UL/CUL



3735LP model shown with optional Avery Weigh-Tronix WI-125 indicator.

AUTHORIZED DISTRIBUTORS

Ask the experts.

Weigh-Tronix distributors are complete support centers, providing needs assessment, technical information, product sales and service. Their experience is a valuable resource that is readily available to you. We recommend you consult these knowledgeable industrial applications specialists for all of your weight measurement needs.

Authorized Weigh-Tronix distributor

Avery Weigh-Tronix

Fairmont, Minnesota U.S.A.
USA Toll-Free: 800-368-2039
USA Phone: 507-238-4461
www.wtxweb.com

Pointe Claire, Quebec Canada
CAN Toll-Free: 800-561-9461
CAN Phone: 514-695-0380
www.weigh-tronix.ca



ANNEXE D

Liste de matériel

Matériel requis

- Feuilles de consentement de la participation à l'activité de chaque sujet et du propriétaire
- Thermomètre bucal : pour prendre la température corporelle oralement au début et à la fin de chaque quart de travail
- Psychromètre/hygromètre: pour prendre la température de l'air
- Thermoanémomètres: pour mesurer la vitesse de l'air
- Anémomètre à hélice : pour mesurer la vitesse de l'air
- Wibget: Pour mesurer la température de l'air (globe, humide et naturelle)
- Balance de précision: pour prendre le poids des sujets et de la nourriture qu'ils auront ingurgitée
- Chronomètre: Pour mesurer la vitesse de l'air grâce aux bulles de savon et pour prendre Brouha
- 6 montres Polar: Pour mesurer la fréquence cardiaque
- Radio: Pour connaître la pression atmosphérique grâce au poste d'environnement Canada
- Cabarets de service: Pour aider à la prise de mesure de la nourriture ingurgitée par les sujets
- Glacière: Pour garder au frais les breuvages
- Ordinateur portatif: Pour télécharger les données des montres et pour transférer les données recueillies à la main
- Verres de carton gradués: pour mesurer la quantité urinée
- Savon et contenant: pour nettoyer les instruments de mesure
- Batteries de rechange : pour les montres Polar
- Multimètre: pour connaître le voltage restant dans les piles des montres
- Bulles de savon: pour mesurer la vitesse de l'air lorsque celle-ci est faible ou pour en connaître la direction
- Eau, Jus et Gatorade : Pour permettre aux sujets de se réhydrater
- Tableau : pour permettre aux sujets de prendre en note les quantité et les états de l'urine
- Poubelle : Pour garder l'environnement propre
- Ruban à mesurer : Pour mesurer la grandeur des sujets et/ou la distance parcourue par une bulle de savon
- Câble d'extension : Pour permettre de brancher les instruments à l'endroit désiré
- Plaque de bois pressé : Pour mettre au niveau la balance de précision
- Serviettes : pour permettre aux sujets de s'essuyer avant la pesée
- Calculatrice : Pour calculer certaines données
- Eau déminéralisée : pour humecter certains instruments de mesure qui le demande (Wibget)

ANNEXE E
Table d'isolation thermique unitaire de pièces de vêtements

TYPE DE VÊTEMENT	ISOLEMENT (C ₁₀)
Sous-vêtements	
Soutien-gorge + slip	0,04
Idem + bas	0,06
Slip homme	0,03
Caleçon	0,04
Caleçon mi-mollet	0,08
Singlet coton (sans manche)	0,06
T-shirt coton	0,10
Idem manches longues	0,12
Chemises et blouses	
Polo manches courtes	0,17
Chemise manches courtes	S 0,19
	C 0,24
Chemise manches longues :	
légère	0,20
normale	0,25
flanelle	0,34
Blouse ras du cou	S 0,25
Pantalons	
Short coton	0,08
Pantalon :	
léger	0,20
normal	0,25
flanelle	0,28
Pantalon-salopette à bretelles	S 0,24, C 0,28
Jupes et robes	
Jupe — hauteur genou :	
été	0,15
hiver	0,23
Robe — manches longues :	
été	0,32
hiver	0,47
Robe — manches courtes	0,29
Pulls	
Léger, manches courtes, col en V	S 0,20
Idem, manches longues	S 0,25
Manches longues, ras du cou, laine	0,36
Vestes et vestons	
Bleu de travail	
Veste de travail	C 0,52
Veste de travail	S 0,21
Blouse de laboratoire	C 0,26
Veston :	
été	0,35
hiver	0,36
Gilet	0,45
	0,13
Chaussettes, souliers	
Chevilles :	
fines	
épaisses	0,02
Mi-mollet :	
fines	0,05
épaisses	0,03
Souliers de ville	0,10
Chaussures de sport	0,03
Gants épais	0,02
	0,08

(C) coton; (S) synthétique ou mélange coton-polyester

ANNEXE F

Tableaux résumés des conditions environnementales pour les jours de prises de donnéesSynthèse des valeurs minimales et maximales obtenues des données
environnementales

Symboles et unités	Valeur minimale obtenue à l'intérieur	Valeur maximale obtenue à l'intérieur	Valeur minimale obtenue à l'extérieur	Valeur maximale obtenue à l'extérieur
Ta (°C)	25	33.8	22.3	39.1
Tg (°C)	26.5	43	24.9	53.3
Th (°C)	18.2	26.1	18.3	24.5
Va (m/s)	0	0.2	0	3.4
WBGT (°C)	21.3	27.6	21.1	31.1

INFORMATION SUR L'ENVIRONNEMENT

Date:21 Juin 2003

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures	13h50 intérieur de la grange	14h00 extérieur arrière de la grange	14h50 intérieur de la grange	14h55 extérieur avant de la grange	15h50 intérieur de la grange	16h00 extérieur devant de la grange
Psychromètre	Ta (degrés C)	29.5	27.6	28.0	28.6	27.6	33.8
calculé	Tr(degrés C)						
Wibget	Tg(degrés C)	29.0	39.1	29.6	45.6	28.5	49.4
calculé	%HR						
Wibget	Th (degrés C)	20.5	20.1	19.7	18.7	18.2	19.8
anémomètre/ bulle de savon	Va (m par sec)	0.0	1.4	0.0	0.2	0.0	0.1
Météo	Pa						
WIBGET	WBGT (degrés C)	22.9	24.5	22.6	24.9	21.3	26.9
Psychromètre	Th forcée	19.0	18.5	18.5	19.0	17.5	21.0

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures	16h55 intérieur de la grange	17h05 extérieur arrière de la grange	18h00 intérieur de la grange	18h03 extérieur arrière de la grange		
Psychromètre	Ta	27.6	32.5	29.0	30.4		
calculé	Tr						
Wibget	Tg	28.3	46.9	30.2	38.2		
calculé	%HR						
Wibget	Th	19.5	19.7	20.1	18.3		
anémomètre/ bulle de savon	Va	0.0	0.2	0.0	0.9		
Météo	Pa						
Wibget	WBGT	22.1	26.4	23.1	23.5		
Psychromètre	Th forcée	19.5	19.5	20.5	19.0		

INFORMATION SUR L'ENVIRONNEMENT

Date:22 Juin 2003

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures	13h55 intérieur de la grange	14h05 extérieur arrière de la grange	15h05 intérieur de la grange	15h00 extérieur arrière de la grange	15h50 intérieur de la grange	15h55 arrière de la grange
Psychromètre	Ta (degrés C)	27.8	31.6	30.1	36	30.2	38.6
calculé	Tr(degrés C)						
Wibget	Tg(degrés C)	30.0	40.2	32.2	43.3	30.3	53.3
calculé	%HR	38.4	35.8	24.9	29.0	28.7	32.4
Wibget	Th (degrés C)	19.9	21.1	19.2	21.6	19.7	21.7
anémomètre/ bulle de savon	Va (m par sec)	0.0	1.1	0.0	1.4	0.0	1.1
Météo	Pa						
WIBGET	WBGT (degrés C)	22.9	25.9	23.3	28.8	22.9	29.9

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures	16h55 intérieur de la grange	17h05 extérieur arrière de la grange	17h55 intérieur de la grange	18h00 extérieur arrière de la grange		
Psychromètre	Ta	31.7	39.1	31.4	33.2		
calculé	Tr						
Wibget	Tg	33.0	49.6	32.6	38.9		
calculé	%HR	28.0	17.0	34.5	25.4		
Wibget	Th	20.6	21.2	21.6	20.0		
anémomètre/ bulle de savon	Va	0.0	1.0	0.0	2.0		
Météo	Pa						
Wibget	WBGT	24.2	28.5	24.8	25.3		

INFORMATION SUR L'ENVIRONNEMENT

Date: 23 Juin 2003

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures	11h00 intérieur de la grange	11h10 extérieur arrière de la grange	11h55 intérieur de la grange	12h00 extérieur arrière de la grange	12h55 intérieur de la grange	13h00 extérieur arrière de la grange
Psychromètre	Ta (degrés C)	25	28.7	26.3	31.0	29.3	34.2
calculé	Tr(degrés C)						
Wibget	Tg(degrés C)	28.1	43.8	28.2	44.3	30.0	47.0
calculé	%HR	54.4	43.5	54.0	44.5	41.8	31.5
Wibget	Th (degrés C)	20.4	20.6	21.0	21.9	20.7	22.4
anémomètre/ bulle de savon	Va (m par sec)	0.05	1.2	0.05	1.3	0.05	0.7
Météo	Pa						
WIBGET	WBGT (degrés C)	22.8	26.0	23.0	28.7	23.5	28.7

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures	13h55 intérieur de la grange	14h00 extérieur arrière de la grange	15h10 intérieur de la grange	15h00 extérieur arrière de la grange	16h10 intérieur de la grange	16h20 extérieur arrière de la grange
Psychromètre	Ta	30.7	36.1	31.6	33.9	31.2	31.2
calculé	Tr						
Wibget	Tg	31.4	50.5	37.0	49.2	32.4	40.4
calculé	%HR	42.1	39.8	37.0	41.0	49.9	50.0
Wibget	Th	21.7	24.0	22.7	22.9	23.8	23.6
anémomètre/ bulle de savon	Va	0.05	0.8	0.05	0.1	0.05	2.2
Météo	Pa						
Wibget	WBGT	24.7	31.1	26.9	29.3	26.4	27.7

INFORMATION SUR L'ENVIRONNEMENT

Date:23 Juin 2003

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures	17h05 intérieur de la grange	17h10 extérieur arrière de la grange	18h00 intérieur de la grange	18h05 extérieur arrière de la grange		
Psychromètre	Ta (degrés C)	31.3	34.2	32.4	34.3		
calculé	Tr(degrés C)						
Wibget	Tg(degrés C)	31.7	41.5	31.9	40.4		
calculé	%HR						
Wibget	Th (degrés C)	23.9	22.4	24.1	21.8		
anémomètre/ bulle de savon	Va (m par sec)	0.05	2.2	0.05	2.0		
Météo	Pa						
WIBGET	WBGT (degrés C)	26.2	22.2	26.5	26.4		

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures						
Psychromètre	Ta						
calculé	Tr						
Wibget	Tg						
calculé	%HR						
Wibget	Th						
anémomètre/ bulle de savon	Va						
Météo	Pa						
Wibget	WBGT						

INFORMATION SUR L'ENVIRONNEMENT

Date: 14 août 2003

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures	13h45 intérieur	13h50 extérieur	14h45 intérieur	15h00 extérieur	14h00 extérieur	16h10 intérieur
Psychromètre	Ta (degrés C)	30	31	31.5	31.7	34.1	31.4
calculé	Tr(degrés C)						
Wibget	Tg(degrés C)	43	31.6	31.6	45.4	45.9	31.9
calculé	%HR	31	33.6	37.9	34.4	30.8	37
Wibget	Th (degrés C)	19.8	20.1	21.3	21.9	21.8	21.8
anémomètre/ bulle de savon	Va (m par sec)	2.6	0	0	2.2	1.4	0
Météo	Pa						
WIBGET	WBGT (degrés C)	25.4	23.4	24.2	27.6	27.7	24.8
Psychromètre	Th forcée						

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures	17h10 intérieur	17h20 extérieur	18h10 extérieur	18h20 intérieur		
Psychromètre	Ta	31.6	32	27.7	30.1		
calculé	Tr						
Wibget	Tg	31.7	40	35	30.7		
calculé	%HR	40	36.3	50	51.1		
Wibget	Th	22.3	20.2	21.4	23.1		
anémomètre/ bulle de savon	Va	0	0.7	0.1	0		
Météo	Pa						
Wibget	WBGT	25.1	26.1	25	25.2		
Psychromètre	Th forcée						

INFORMATION SUR L'ENVIRONNEMENT

Date: 15 août 2003

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures	10h15 extérieur	10h25 intérieur	11h55 intérieur	12h00 extérieur	15h10 extérieur	15h15 intérieur
Psychromètre	Ta (degrés C)	22.3	25.8	29.2	30.4	30.5	33.3
calculé	Tr(degrés C)						
Wibget	Tg(degrés C)	28.2	26.8	29.7	44.6	43	33.3
calculé	%HR	72.5	68.5	57	51.6	52	48
Wibget	Th (degrés C)	20.3	21.7	22.6	24.3	23.8	24
anémomètre/ bulle de savon	Va (m par sec)	1.1	0.1	0.2	1.8	3	0
Météo	Pa						
WIBGET	WBGT (degrés C)	22.1	23.2	24.7	29.1	28.5	26.7
Psychromètre	Th forcée						

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures	16h05 intérieur	16h15 extérieur	17h25 extérieur	17h30 intérieur	18h20 intérieur	18h25 extérieur
Psychromètre	Ta	32.2	32.7	31.3	31	31.4	28.9
calculé	Tr						
Wibget	Tg	32.4	44.5	41.4	31.1	31.3	32
calculé	%HR	49.5	44.3	53	54	57.8	62.7
Wibget	Th	24.2	24.4	24.5	23.3	26.1	23.3
anémomètre/ bulle de savon	Va	0	1.6	3.4	0.2	0	1.4
Météo	Pa						
Wibget	WBGT	26.4	29.4	28.8	25.6	27.6	25.7
Psychromètre	Th forcée						

INFORMATION SUR L'ENVIRONNEMENT

Date: 17 août 2003

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures	15h40 extérieur	16h03 intérieur	16h45 intérieur	14h55 extérieur		
Psychromètre	Ta (degrés C)	25.1	25.7	26.2	23.3		
calculé	Tr(degrés C)						
Wibget	Tg(degrés C)	29.5	26.1	26.5	24.9		
calculé	%HR	59.8	57.4	62.3	72.2		
Wibget	Th (degrés C)	19.9	19.8	21	19.7		
anémomètre/ bulle de savon	Va (m par sec)	1.8	0	0	0.9		
Météo	Pa						
WIBGET	WBGT (degrés C)	22.3	21.6	22.7	21.1		
Psychromètre	Th forcée						

Instrument de mesure	Heures et endroit des lectures						
Psychromètre	Ta						
calculé	Tr						
Wibget	Tg						
calculé	%HR						
Wibget	Th						
anémomètre/ bulle de savon	Va						
Météo	Pa						
Wibget	WBGT						
Psychromètre	Th forcée						

ANNEXE G

Tableaux synthèse des résultats portant sur la fréquence cardiaque

Tableau synthèse des données de Fréquence cardiaque

Sujet	Données personnelles				FC moy.	FC plaf.	% max 220-âge	%max 195-0.67 (âge-25)	Dépassements							Brouha(1960), Vogt et Metz(1981) et Fuller et Smith (1981)		
	Date	FC max: 220-âge	FC max: 195-0.67(âge-25)	FC repos					MTA 5	MTA 10	MTA 20	MTA 30	MTA 45	MTA 60	MTA 90	P1 (dépassements)	P1-P3 (dépassements)	FC ther < 30 bpm (dépassements)
1	21 juin	204	201	71	114	174	85.29%	86.57%	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O
1	22 juin	204	201	71	114	190	93.14%	94.53%	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O
1	23 juin	204	201	71	112	191	93.63%	95.02%	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O
1	14 août	203	200	77	133	176	86.70%	88.00%	-	-	O	-	O	-	O	O	O	O
1	15 août	203	200	81	120	166	81.77%	83.00%	-	-	-	-	-	-	-	O	-	O
1	17 août	203	200	83	126	158	77.83%	79.00%	-	-	-	-	-	-	-	Pas de pauses		
2	21 juin	204	201	68	121	222	108.82%	110.45%	O	O	O	O	O	O	O	O	O	-
2	22 juin	204	201	68	126	188	92.16%	93.53%	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O
2	23 juin	204	201	68	127	217	106.37%	107.96%	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
2	14 août	204	201	65	121	185	90.69%	92.04%	-	O	O	O	O	-	O	O	O	O
2	15 août	204	201	73	116	154	75.49%	76.62%	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O
2	17 août	204	201	63	111	160	78.43%	79.60%	-	-	-	-	-	-	-	Pas de pauses		
3	21 juin	203	200	73	115	167	82.27%	83.50%	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O
6	23 juin	204	201	76	108	157	76.96%	78.11%	-	-	-	-	-	-	-	O	O	-
7	14 août	203	200	84	131	163	80.30%	81.50%	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O
7	15 août	203	200	83	125	173	85.22%	86.50%	-	-	-	-	-	-	-	O	-	O
7	17 août	203	200	71	121	177	87.19%	88.50%	-	-	-	-	-	-	-	Pas de pauses		
8	15 août	202	200	69	106	139	68.81%	69.50%	-	-	-	-	-	-	-	Les mesures n'ont pas été prises		
9	15 août	202	200	74	112	146	72.28%	73.00%	-	-	-	-	-	-	-	Les mesures n'ont pas été prises		
9	17 août	202	200	71	112	130	64.36%	65.00%	-	-	-	-	-	-	-	Les mesures n'ont pas été prises		

LÉGENDE

	Dépassement important
	Léger dépassement
	aucun dépassement

ANNEXE H
Tableau synthèse des résultats portant sur la
température sub-linguale et la sudation

Sujet	Température sub-linguale			Sudation			
	Température buccale initiale (en degrés C)	Température buccale finale (en degrés C) (<37.5°C)	Différence de température (en degrés C)	Volume sue par surface corporelle (l/m2)	Débit sudoral en g/h (<650 g/h pour sujet non acclimaté)	deficits hydriques exprimés en % de la masse du sujet (<3%)	pertes hydriques exprimées en % de la masse du sujet (<5%)
1	-	37.40	-	1.358	620	0.8%	3.5%
1	36.6	37.10	0.5	1.513	620	0.4%	4.0%
1	36.2	36.80	0.6	1.723	383	-0.3%	4.5%
1	36.1	36.70	0.6	1.813	933	0.3%	4.6%
1	36.2	36.80	0.6	1.394	302	1.4%	3.6%
1	37	36.10	-0.9	0.201	202	-0.2%	0.5%
2	-	36.80	-	1.073	520	-1.1%	2.7%
2	36.4	36.80	0.4	1.181	519	-0.3%	3.0%
2	36	36.50	0.5	1.540	369	-0.3%	3.9%
2	36.1	36.40	0.3	1.856	688	2.6%	4.6%
2	36.3	36.60	0.3	1.135	263	0.9%	2.8%
2	36.1	35.80	-0.3	0.351	377	0.3%	0.9%
3	-	36.70	-	1.419	679	-0.4%	3.4%
6	36.3	37.10	0.8	NA	NA	NA	NA
7	35.6	36.20	0.6	2.031	673	0.9%	5.5%
7	36.2	35.90	-0.3	1.176	245	0.8%	3.2%
7	36.1	36.10	0.0	1.122	1083	0.8%	3.0%
8	36.2	36.60	0.4	2.518	533	0.8%	6.4%
9	36.7	36.50	-0.2	1.437	336	1.6%	3.5%
9	36.9	36.20	-0.7	0.939	1009	0.5%	2.3%

LÉGENDE	
	Dépassement important
	Léger dépassement
	Aucun dépassement

ANNEXE I
Registres par sujet du bilan de volumes bus et urinés

Sujet 1

DATE:21 juin 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 71.5 Perte de poids par la sueur (kg): 2.531 donc, 2.531 L sué

Poid à la fin (kg): 70.9

Poid de nourriture (kg): 0.24

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	500	13h15	eau
	200	14h40	jus
	591	15h15	gatorade
	200	17h52	jus
	500	6h31	eau
Total bu	1991		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte
	300	14h21	2
Total uriné	300		

différence bu-uriné 1691 donc 1,691 Kg

Volume sué par surface corporelle (L/m^2): **1.358**

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **0.8%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: **3.5%**

Sujet 1

DATE:22 juin 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 71.04 Perte de poids par la sueur (kg): 2.812 donc, 2.812 L sué

Poid à la fin (kg): 70.48

Poid de nourritue (kg): 0.02

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	591	8h20	gatorade
	500	15h09	eau
	500	16h04	eau
	200	16h04	jus
	150	16h46	mr freeze
	591	17h49	gatorade
Total bu	2532		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte
	300	14h36	4
Total uriné	300		

Différence bu-uriné 2232 donc 2,232 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m²): **1.512862757**

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **0.4%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: **4.0%**

Sujet 1

DATE:23 juin 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 70.41 Perte de poids par la sueur (kg): 3.191 donc, 3.191 L sué

Poid à la fin (kg): 71.09

Poid de nourritue (kg): 0.48

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	500 mL	10h53	eau
	200 mL	12h00	café
	591 mL	12h55	gatorade
	200 mL	13h30	café
	200 mL	14h20	café
	500	17h15	eau
	200	17h15	jus
	500	17h51	eau
	500	18h24	eau
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Différence bu-uriné 3391 donc 3,391 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m^2): 1.7233

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **-0.3%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: **4.5%**

Sujet 1

Sujet 1

DATE:14 août 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 73.69 Perte de poids par la sueur (kg):

Poid à la fin (kg): 73.56

Poid de nourritue (kg): 0.11

3.422 donc, 3.422 L sué

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	591	14h12	Gatorade
	500	14h15	eau
	500	15h10	eau
	591	15h20	gatorade
	500	16h26	eau
	500	17h10	eau
Total bu	3182		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Volume sué par surface corporelle (L/m²): **1.813**

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **0.3%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: **4.6%**

Différence bu-uriné 3182 donc, 3,182 kg

Sujet 1

DATE: 15 août 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 72.97 Perte de poids par la sueur (kg):

Poid à la fin (kg): 72.04

Poid de nourriture (kg): 0.1

2.621 donc, 2.621 L sué

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	500	15h29	eau
	591	15h34	gatorade
	500	15h34	eau
Total bu	1591		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Volume sué par surface corporelle (L/m^2): **1.394**

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **1.4%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydrique **3.6%**

Différence bu-uriné 1591 donc, 1.591 kg

Sujet 1

DATE: 17 août 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 73.51 Perte de poids par la sueur (kg): 0.38 donc, 0.38 L sué

Poid à la fin (kg): 73.63

Poid de nourritue (kg):

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	500	15h59	eau
Total bu	500		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Différence bu-uriné 500 donc, 0.5 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m^2): 0.20149271

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: -0.2%

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques 0.5%

Sujet 2

DATE:21 juin 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 77.73 Perte de poids par la sueur (kg): 2.123 donc, 2.213 L sué

Poid à la fin (kg): 78.28

Poid de nourritue (kg):

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	500	13h15	eau
	200	14h40	jus
	591	15h15	gatorade
	500	16h05	eau
	591	16h11	gatorade
	591	17h53	gatorade
total bu	2973		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte
	300	14h21	2
total uriné	300		

Différence bu-uriné 2673 donc, 2,673 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m^2): **1.0728**

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **-1.1%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: **2.7%**

Sujet 2

DATE:22 juin 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 78.92 Perte de poids par la sueur (kg): 2.353 donc, 2.353 L sué

Poid à la fin (kg): 79.19

Poid de nourritue (kg):

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	591	13h20	gatorade
	500	14h11	eau
	200	15h04	jus
	591	16h04	gatorade
	150	16h46	mr.freeze
	591	17h49	gatorade
Total bu	2623		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Différence entre bu-uriné 2623 donc 2,623 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m²): 1.1813

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **-0.3%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: **3.0%**

Sujet 2

Sujet 2

DATE:23 juin 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 79.07 Perte de poids par la sueur (kg): 3.072 donc, 3.0721 L sué

Poid à la fin (kg): 78.95

Poid de nourriture (kg): 0.27

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	500	10h53	eau
	591	12h19	gatorade
	500	12h55	eau
	591	14h09	gatorade
	500	16h17	eau
	200	17h15	Jus
	200	17h15	Jus
	200	17h15	Jus
Total bu	3282		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte
	600	17h18	4
Total uriné	600		

Différence bu-uriné 2682 donc, 2,682 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m²): **1.5411**

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **-0.3%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: **3.9%**

Sujet 2

Sujet 2

DATE:14 août 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 82.22 Perte de poids par la sueur (kg):
Poid à la fin (kg): 79.86
Poid de nourriture (kg): 0.11

3.761 donc, 3.761 L sué

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	591	14h10	gatorade
	500	15h20	eau
	500	16h26	eau
Total bu	1591		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte
	300	13h45	4
Total uriné	300		

Volume sué par surface corporelle (L/m^2): **1.856**

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **2.6%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: **4.6%**

Différence bu-uriné 1291 donc, 1,291 kg

Sujet 2

DATE:15 août 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 80.54 Perte de poids par la sueur (kg): 2.281 donc, 2.281 L sué

Poid à la fin (kg): 79.95

Poid de nourriture (kg): 0.1

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	500	10h45	eau
	591	15h34	gatorade
	500	15h29	eau
Total bu	1591		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Différence bu-uriné 1591 donc, 1.591 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m²): **1.1353**

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **0.9%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: **2.8%**

Sujet 2

DATE:17 août 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 81.61 Perte de poids par la sueur (kg): 0.71 donc, 0.71 L sué

Poid à la fin (kg): 81.4

Poid de nourritue (kg):

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	500	15h59	eau
Total bu	500		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Différence bu-uriné 500 donc, 0.5 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m²): 0.351419618

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: 0.3%

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques 0.9%

Sujet 3

DATE:21 juin 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 81.48 Perte de poids par la sueur (kg): 2.772 donc, 2.772 L sué

Poid à la fin (kg): 81.7

Poid de nourriture (kg): 0.06

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	500	13h10	eau
	200	14h30	jus
	591	15h15	gatorade
	500	16h05	eau
	591	16h45	gatorade
	500	18h30	eau
	200	18h30	jus
Total bu	3082		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte
	150	14h20	2
Total uriné	150		

Différence bu-uriné 2932 donc 2,932 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m²): **1.4187**

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **-0.4%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: **3.4%**

Sujet 6

DATE:23 juin 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 108.84

Poid à la fin (kg):

Poid de nourritue (kg):

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu			
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Volume sué par surface corporelle (L/m^2): NA

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **-0.3%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: **3.9%**

Sujet 6

Sujet 7

DATE:14 août 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 66.98 Perte de poids par la sueur (kg):

Poid à la fin (kg): 66.48

Poid de nourritue (kg): 0.09

3.681 donc, 3.681 L sué

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	500	14h15	eau
	591	15h20	gatorade
	500	15h20	eau
	500	15h31	eau
	500	16h26	eau
	500	17h10	eau
Total bu	3091		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Volume sué par surface corporelle (L/m^2): **2.031**

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **0.9%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: **5.5%**

Différence bu-uriné 3091 donc, 3.091 kg

Sujet 7

DATE: 15 août 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 66.98 Perte de poids par la sueur (kg): 2.131 donc, 2.131 L sué

Poid à la fin (kg): 66.44

Poid de nourriture (kg):

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	500	15h29	eau
	591	15h34	gatorade
	500	17h00	eau
Total bu	1591		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Différence bu-uriné 1591 donc, 1.591 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m²): 1.1755

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: **0.8%**

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: **3.2%**

Sujet 7

DATE: 17 août 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 67.39 Perte de poids par la sueur (kg): 2.04 donc, 2.04 L sué

Poid à la fin (kg): 66.85

Poid de nourriture (kg):

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	1500	15h59	eau
Total bu	1500		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Différence bu-uriné 1500 donc, 1.5 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m^2): 1.122406231

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: 0.8%

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: 3.0%

Sujet 8

DATE:15 août 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 73.19 Perte de poids par la sueur (kg): 4.701 donc, 4.701 L sué

Poid à la fin (kg): 72.58

Poid de nourriture (kg):

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	500	15h15	pepsi
	500	15h29	eau
	591	15h34	gatorage
	500	15h34	eau
	2000	18h26	pepsi
Total bu	4091		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Différence bu-uriné 4091 donc, 4.091 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m^2): 2.5182

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: 0.8%

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: 6.4%

Sujet 9

DATE: 15 août 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 83.61 Perte de poids par la sueur (kg): 2.921 donc, 2.921 L sué

Poid à la fin (kg): 82.38

Poid de nourriture (kg): 0.1

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	500	10h45	eau
	500	15h29	eau
	591	15h34	gatorade
Total bu	1591		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Différence bu-uriné 1591 donc 1.591 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m^2): 1.436728813

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: 1.6%

% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: 3.5%

Sujet 9

DATE:17 août 2003

INFORMATION POUR LA SUDATION

Poids au début (kg): 82.76 Perte de poids par la sueur (kg): 1.9 donc, 1.90 L sué
Poid à la fin (kg): 82.36
Poid de nourritue (kg):

	Volume (mL)	Heure	Quoi
Bu	1500	15h59	eau
Total bu	1500		
Uriné	Volume (mL)	Heure	Teinte

Différence bu-uriné 1500 donc, 1.5 kg

Volume sué par surface corporelle (L/m²): 0.938605048

% de la masse du sujet associé au déficit hydrique: 0.5%
% de la masse du sujet associé aux pertes hydriques: 2.3%

ANNEXE J

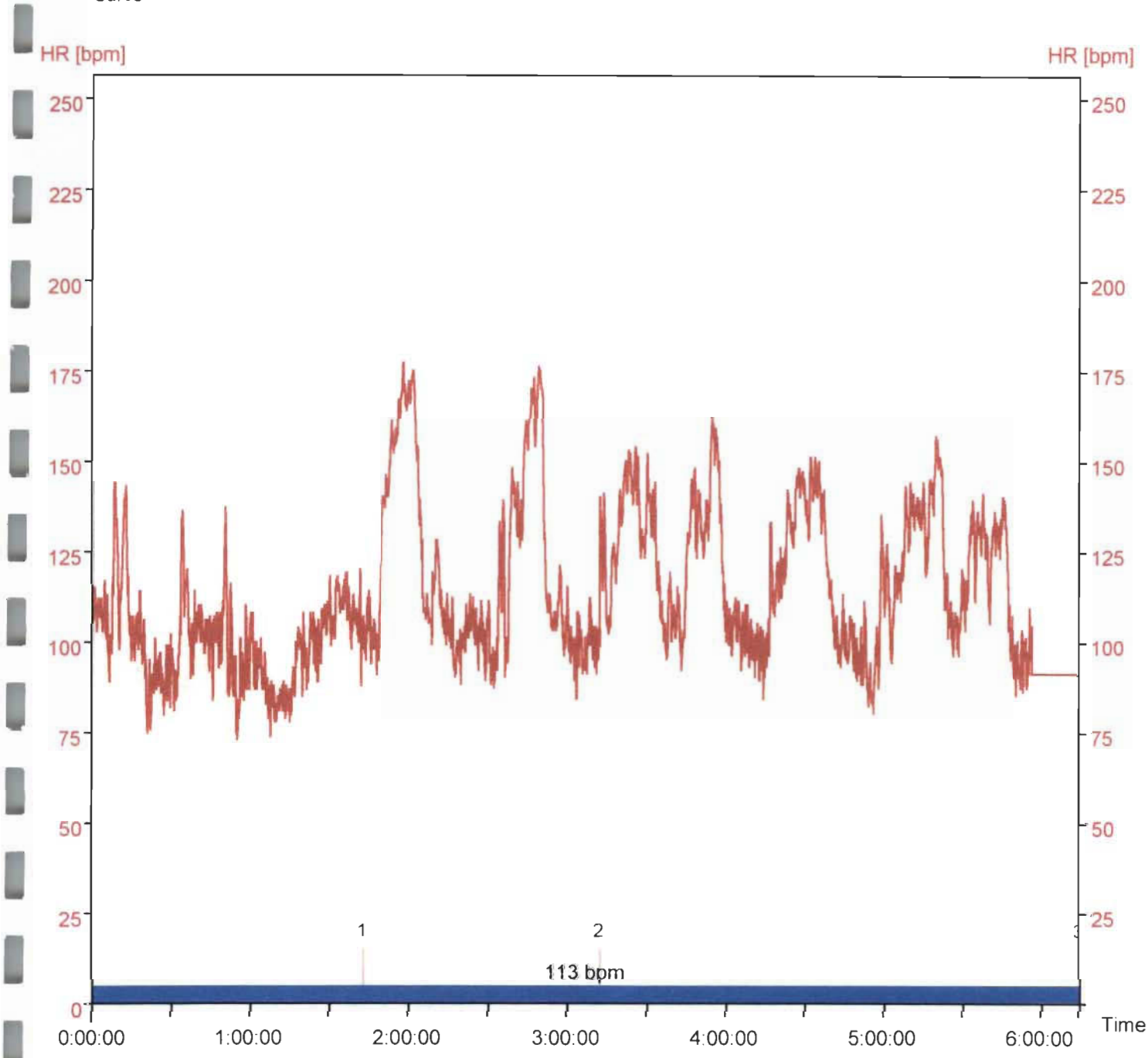
Registre et des activités exécutées et des enregistrements de fréquence cardiaque par sujet
pour chaque quart de travail

Sujet 1

DATE:21 juin 2003

Tâche / Pause	Heure	FC brouha					
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC ther
Pilage de balles (in)	14h50						
Pause (in)	15h10	104	102	108	136	32	33.67
Pilage de balles (in)	15h45						
Pause (in)	15h57	110	110	102	108	-2	36.33
Pilage de balles (in)	16h24						
Pause (in)	16h41	106	102	98	112	6	31.00
Pilage de balles (in)	16h51						
Pause (in)	17h04						
Pilage de balles (in)	17h24						
Pause (in)	17h44	98	100	98	110	12	27.67
Pilage de balles (in)	18h10						
Pause (in)	18h29						
Pilage de balles (in)	18h35						
Pilage de balles (in)	18h46	110	86	86	108	-2	23.00
Arrêt	18h55						

Commentaires: Fumeur
(fumeur, malaise, maladie)

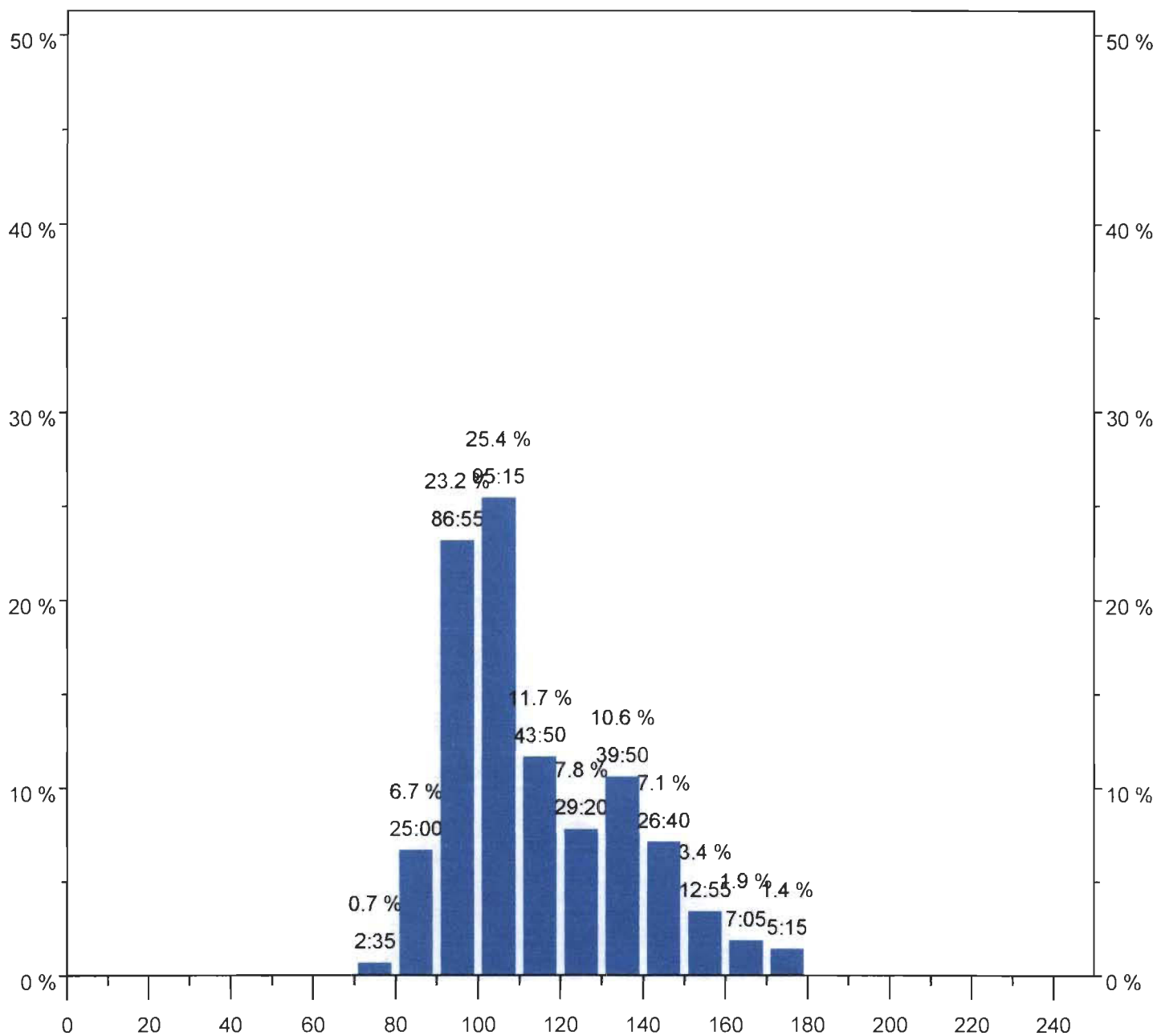


Time: 0:00:00

HR: 104 bpm

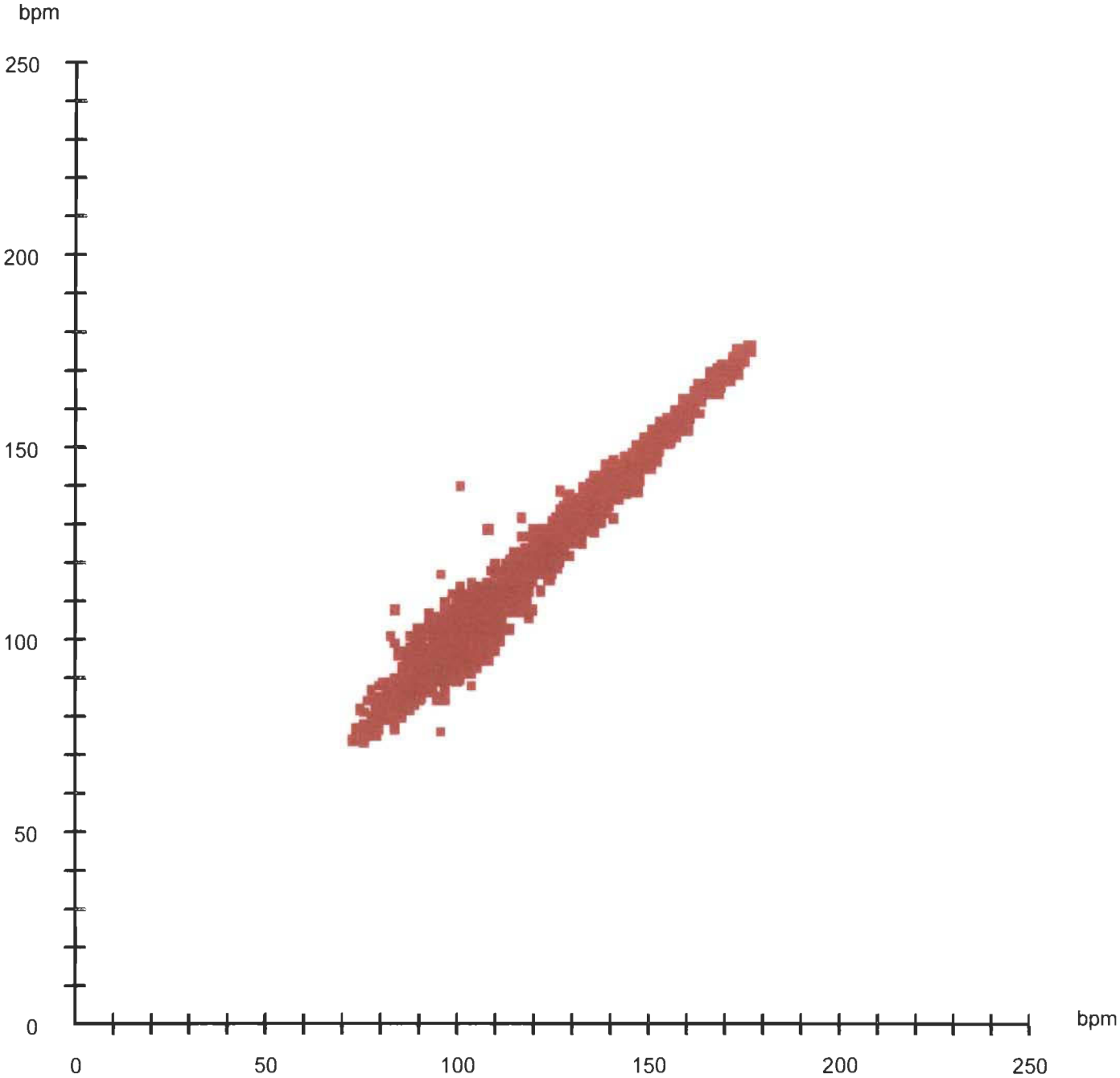
Person	Sujet 1	Date	6/21/03	Heart rate	113 / 177		
Exercise		Time	1:06:22 PM	Max. HR	180		
Sport	Course à pied	Duration	6:14:39.6				
Note				Selection	0:00:00 - 6:14:35 (6:14:35.0)		

Distribution



Person	Sujet 1	Date	6/21/03	Heart rate	113 / 177		
Exercise		Time	1:06:22 PM	Max. HR	180		
Sport	Course à pied	Duration	6:14:39.6				
Note				Selection	0:00:00 - 6:14:35 (6:14:35.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 1	Date	6/21/03
Exercise		Time	1:06:22 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 6:14:35 (6:14:35.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 1

DATE:22 juin 2003

Tâche / Pause	Heure	FC brouha					
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC ther
Pilage de balles (in)	13h53						
Pause (in)	14h08	138	124	121	127	-11	56.67
Pilage de balles (in)	14h21						
Pause (in)	14h36	114	98	102	133	19	33.67
Pilage de balles (in)	14h44						
Pause (in)	14h59	84	86	83	93	9	13.33
Pilage de balles (in)	15h16						
Pause (in)	15h30	101	98	93	118	17	26.33
Pilage de balles (in) et lancage	15h50						
Pause (in)	16h04	98	93	89	101	3	22.33
Pilage de balles (in)	16h21						
Pause (in)	16h36						
Lance(in)	17h14						
Pause (in)	17h49						
Pilage de balles (in)	18h07						
Arrêt	18h25	92	114	123	100	8	38.67

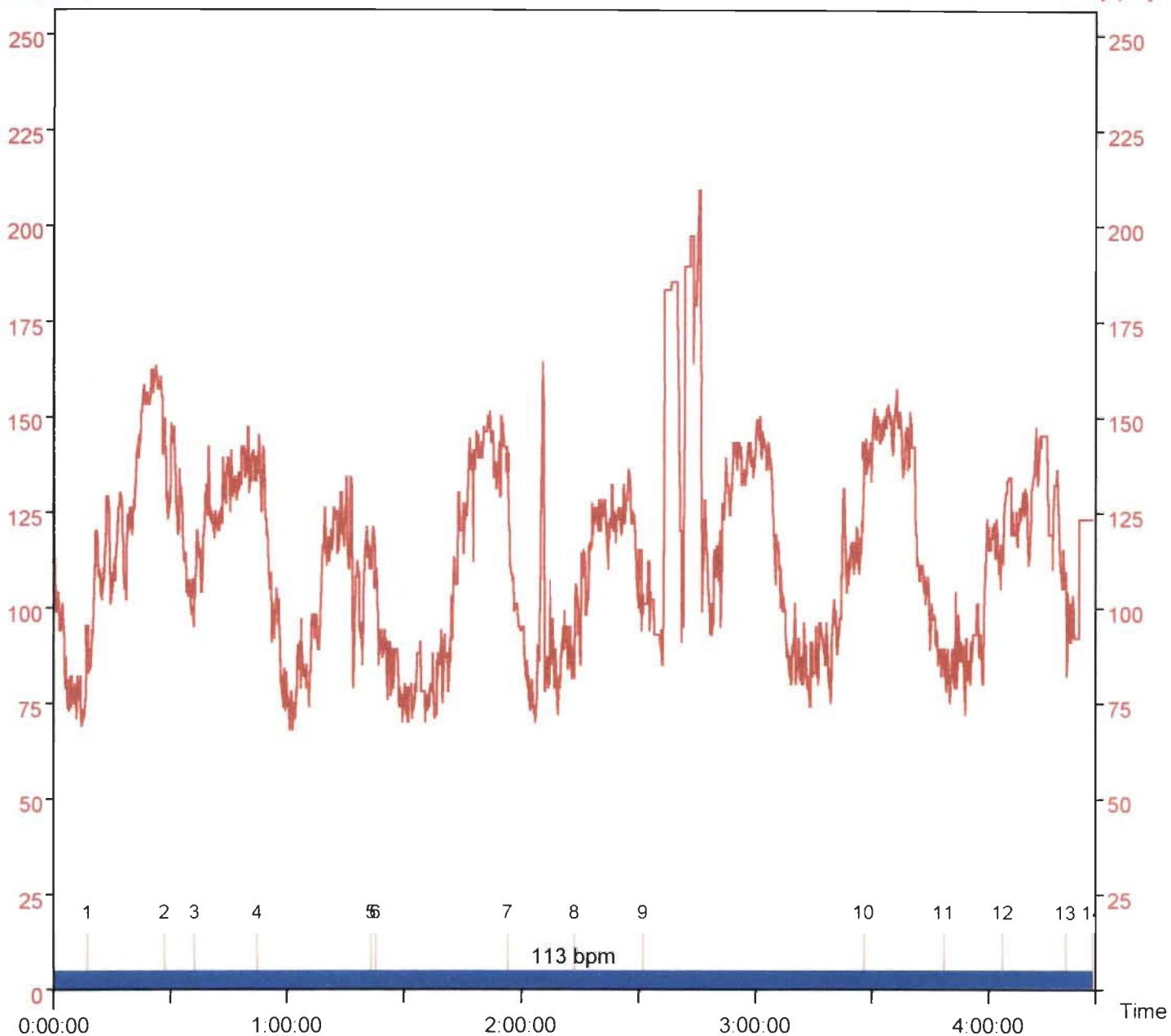
Commentaires: Fumeur

(fumeur, malaise, maladie)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

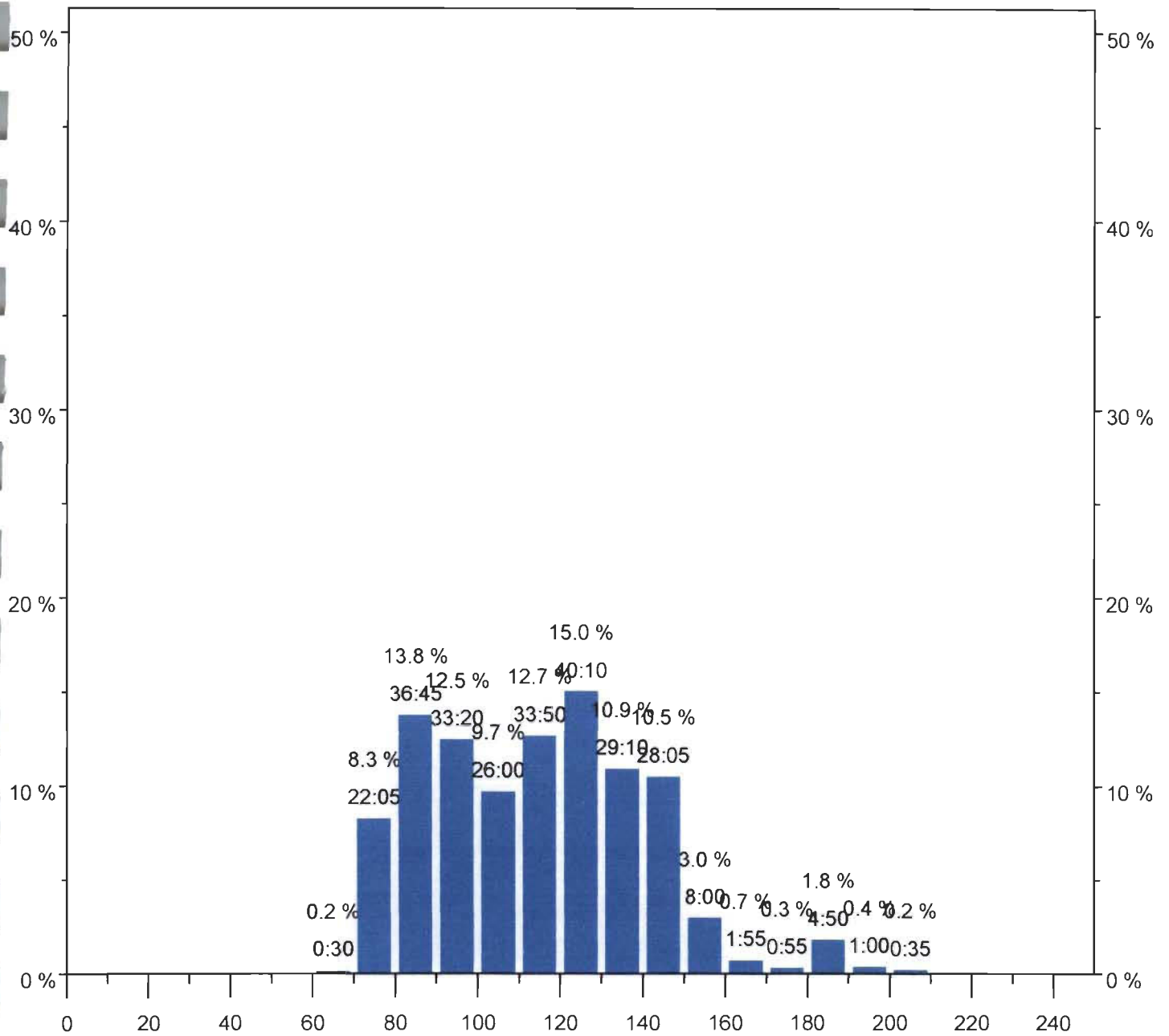


Time: 0:00:00

HR: 116 bpm

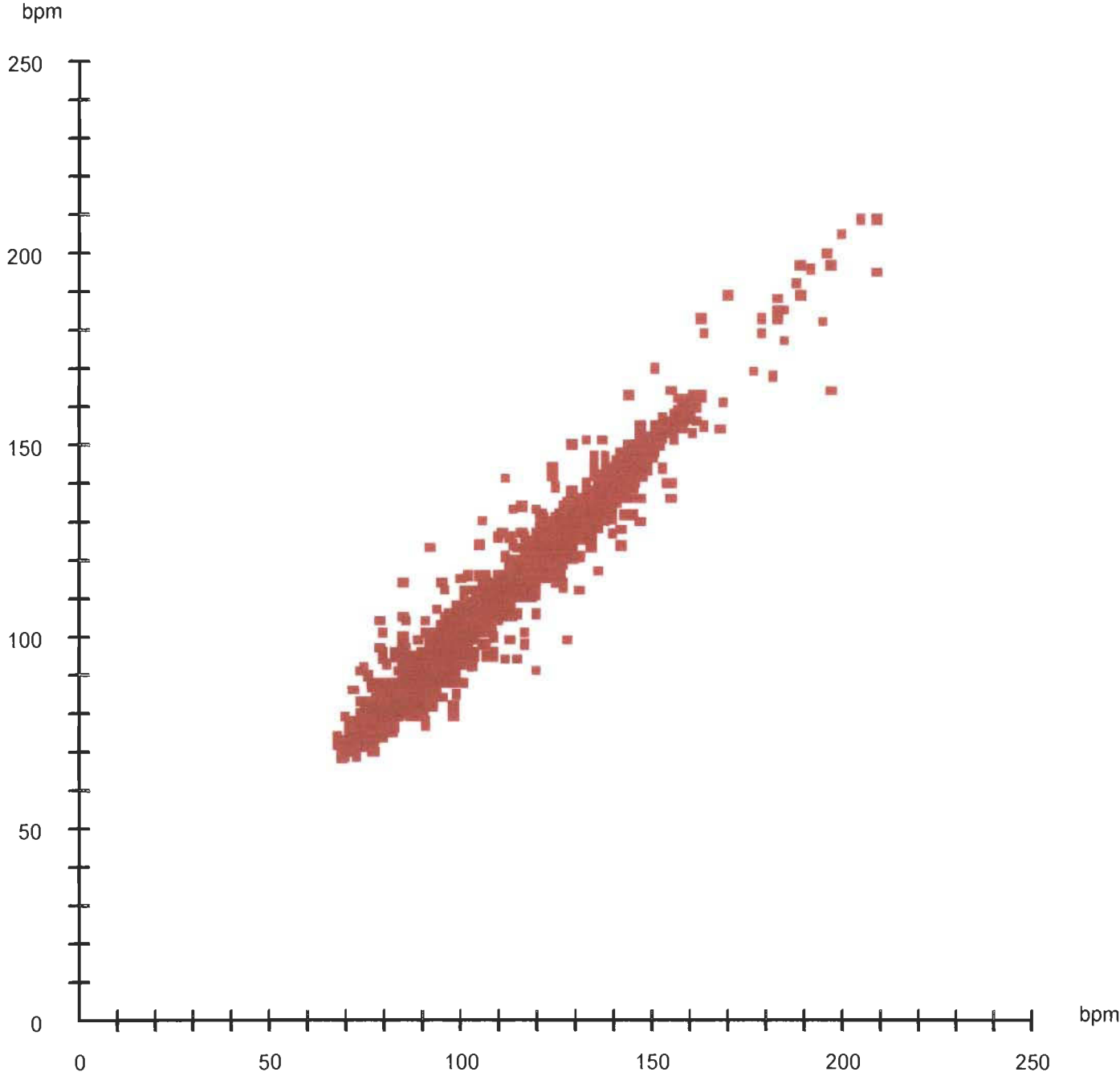
Person	Sujet 1	Date	6/22/03	Heart rate	113 / 209	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	2:07:53 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	4:27:06.5			Limits 3	80 - 160
Note	File 1			Selection	0:00:00 - 4:27:05 (4:27:05.0)		

Distribution



Person	Sujet 1	Date	6/22/03	Heart rate	113 / 209	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	2:07:53 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	4:27:06.5			Limits 3	80 - 160
Note	File 1			Selection	0:00:00 - 4:27:05 (4:27:05.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 1	Date	6/22/03
Exercise		Time	2:07:53 PM
Note	File 1	SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 4:27:05 (4:27:05.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 1

DATE:23 juin 2003

Tâche / Pause	Heure	FC brouha					
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC ther
Pilage de balles (in)	10h40						
Pause (in)	10h52						
Pilage de balles (in)	11h12						
Pause (in)	11h31	95	98	89	97	2	23.00
Pilage de balles (in)	12h36						
Pause (in)	12h54						
Pilage de balles (in)	13h15						
Pause pour diner (in)	13h28						
lancage de balles (in)	13h53						
Pause (in)	14h09	101	99	98	127	26	28.33
Lançage de balles (in)	14h31						
Pause (in)	14h45	121	113	108	129	8	43.00
Pilage de balles (in)	15h32						
Pause (in)	15h42	106	96	86	103	-3	25.00
Pilage de balles (in)	15h56						
pause (in)	16h14	108	102	96	115	7	31.00
Pilage de balles (in)	16h32						
Pause (in)	16h49						
Pilage de balles (in)	16h58						
Pause (in)	17h15						
Pilage de balles (in)	17h32						
Pause (in)	17h51	100	99	93	115	15	26.33
Pilage de balles (in)	18h06						
Pause	18h23						
Pilage de balles (in)	18h38						
Arrêt	19h00						

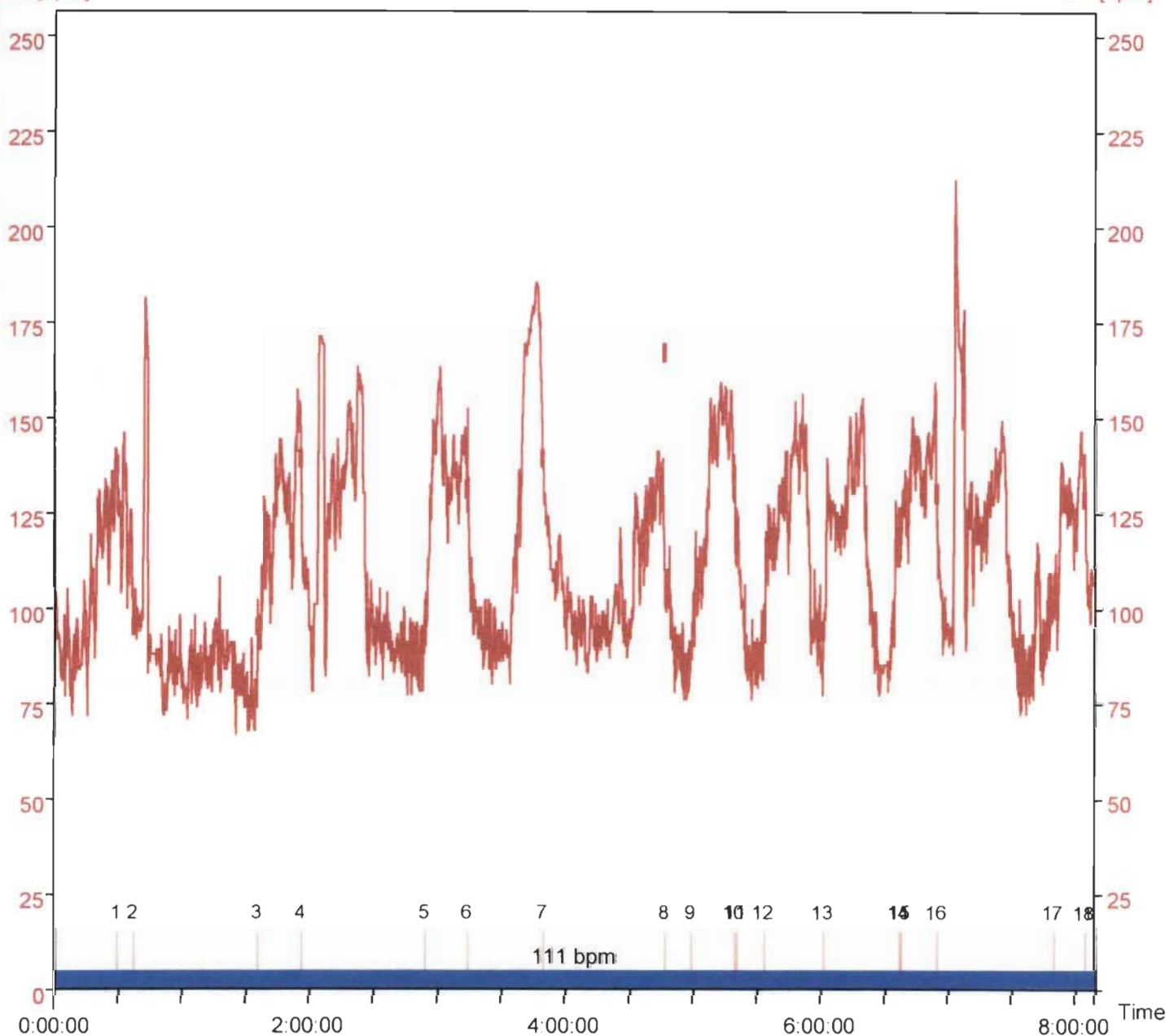
Commentaires:

Furneur (fumé a 12h06 et fume èa 16h55)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

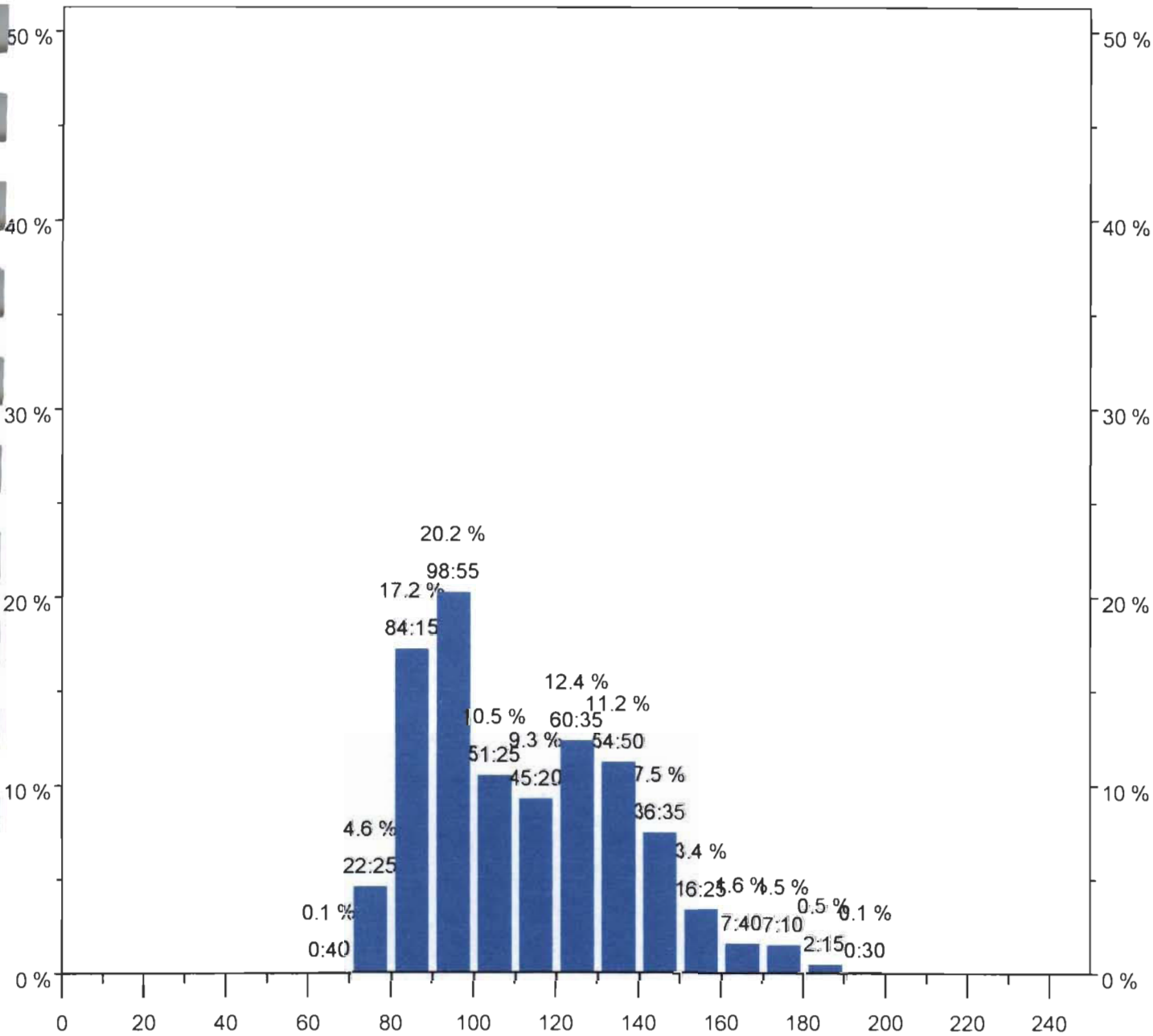


Time: 0:00:00

HR: 104 bpm

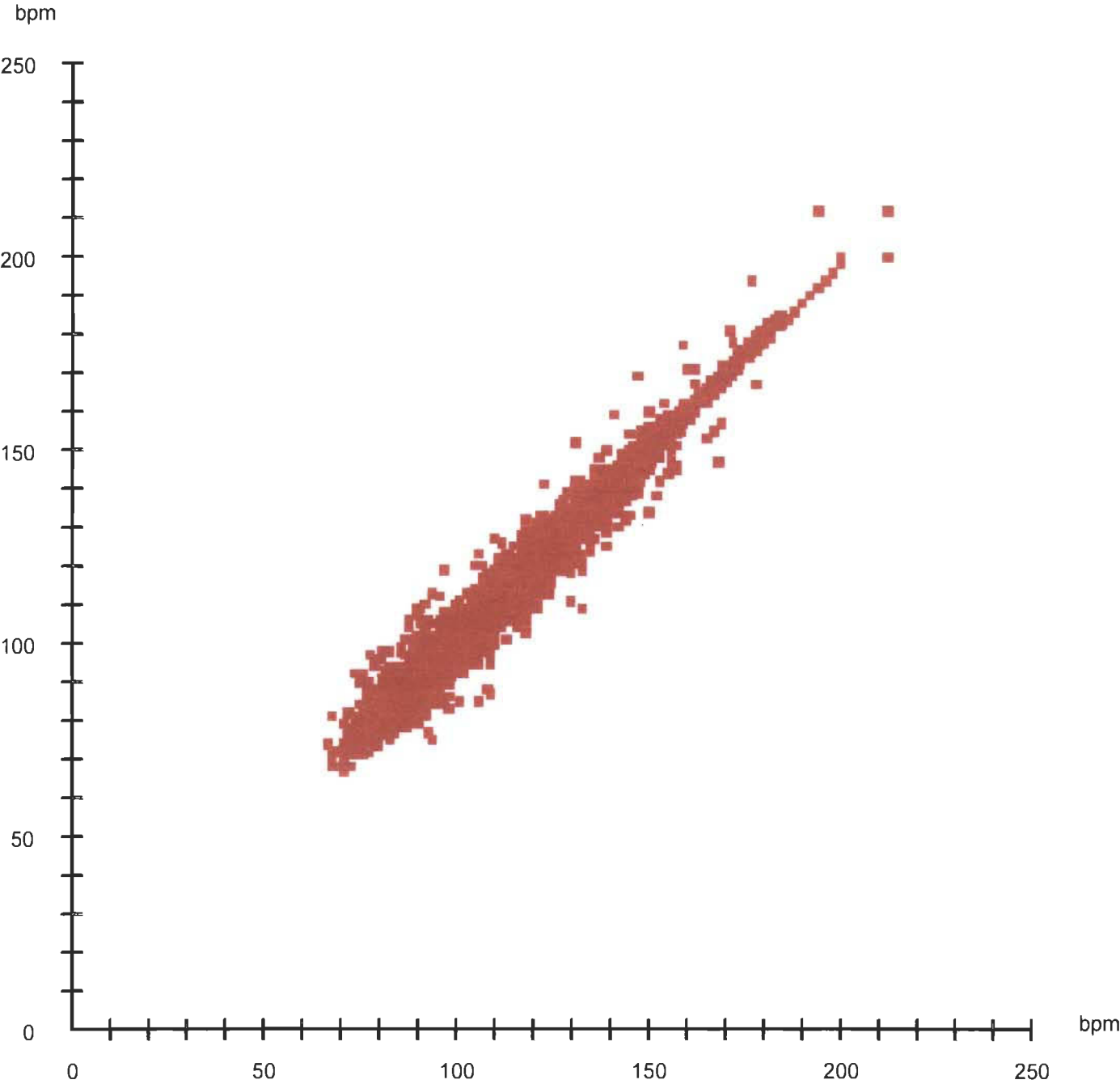
Person	Sujet 1	Date	6/23/03	Heart rate	111 / 212	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	10:55:56 AM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	8:09:27.7			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 8:09:25 (8:09:25.0)		

Distribution



Person	Sujet 1	Date	6/23/03	Heart rate	111 / 212	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	10:55:56 AM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	8:09:27.7			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 8:09:25 (8:09:25.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 1	Date	6/23/03
Exercise		Time	10:55:56 AM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 8:09:25 (8:09:25.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 1

DATE:14 août 2003

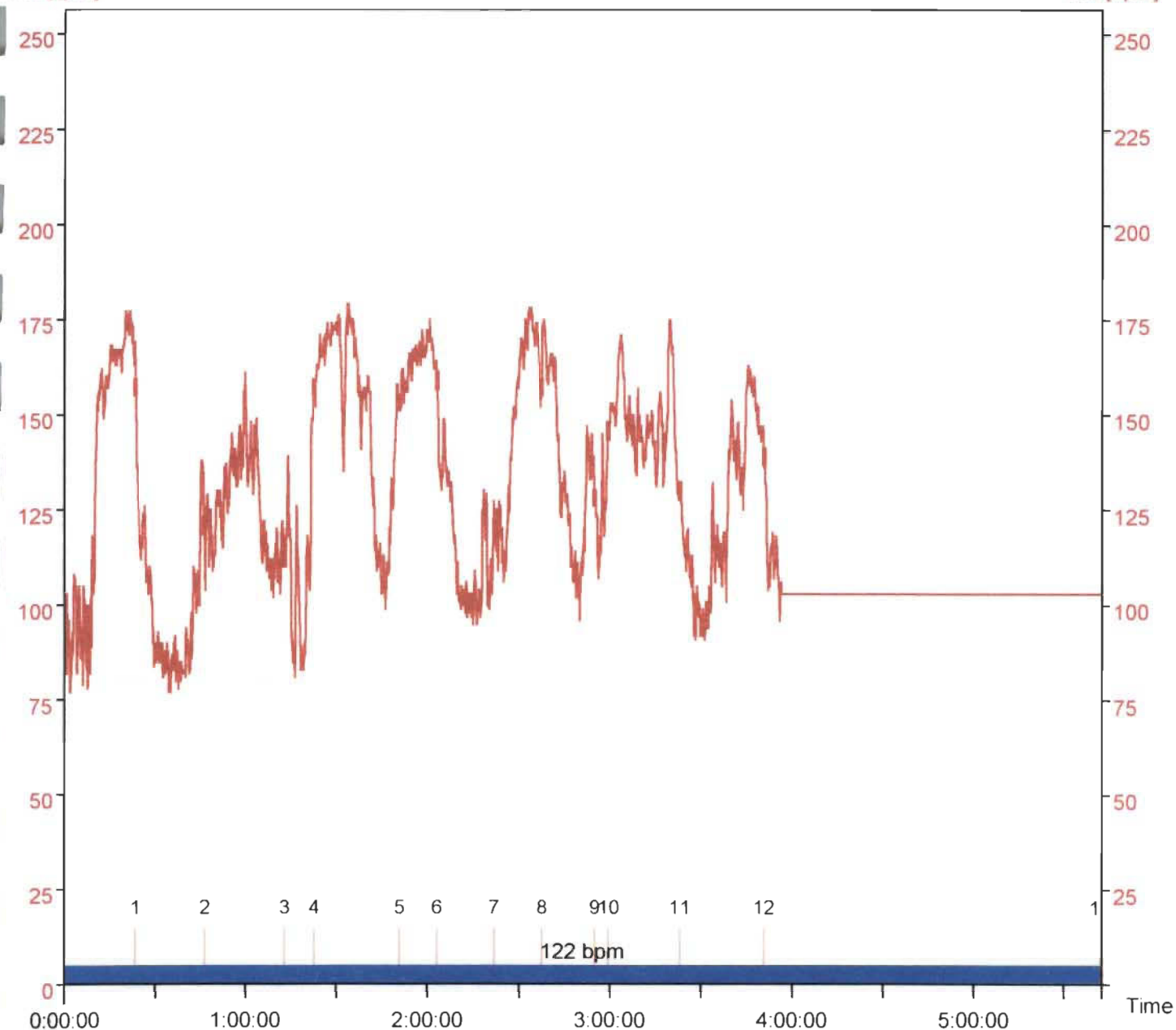
Tâche / Pause	Heure	FC brouha					
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC therm
Chage out	13h57						
pause	14h11	121	108.17	107.5	131.83	10.83	35.2
pile in	14h33						
pause	15h00	88.5	106.83	105.17	117.17	28.67	23.17
charge out	15h09						
pause	15h51	157.5	163.17	165.33	155.67	-1.83	85
pile in	16h09						
pause	16h25						
pile in	16h44						
pause	16h55	138.33	128.5	146.83	122.5	-15.8	60.89
pile in	16h57						
pause	17h09	1117.17	108.33	97	123.33	6.17	30.5
pile in	17h21						
fin de la journée	17h37						

Commentaires: Fumeur (a fumé à 14h20 et 15h55)
(fumeur, malaise, maladie)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

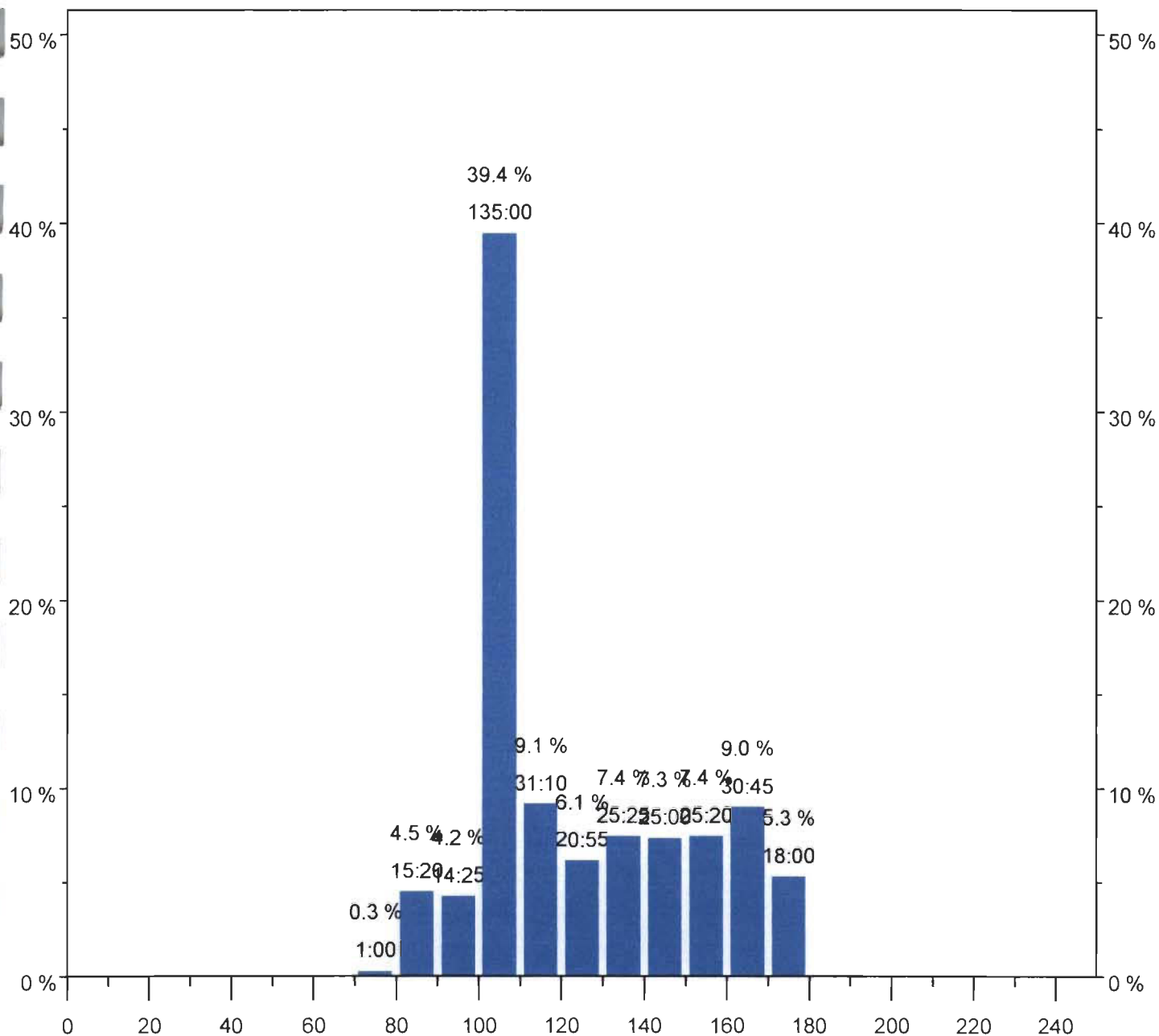


Time: 0:00:00

HR: 91 bpm

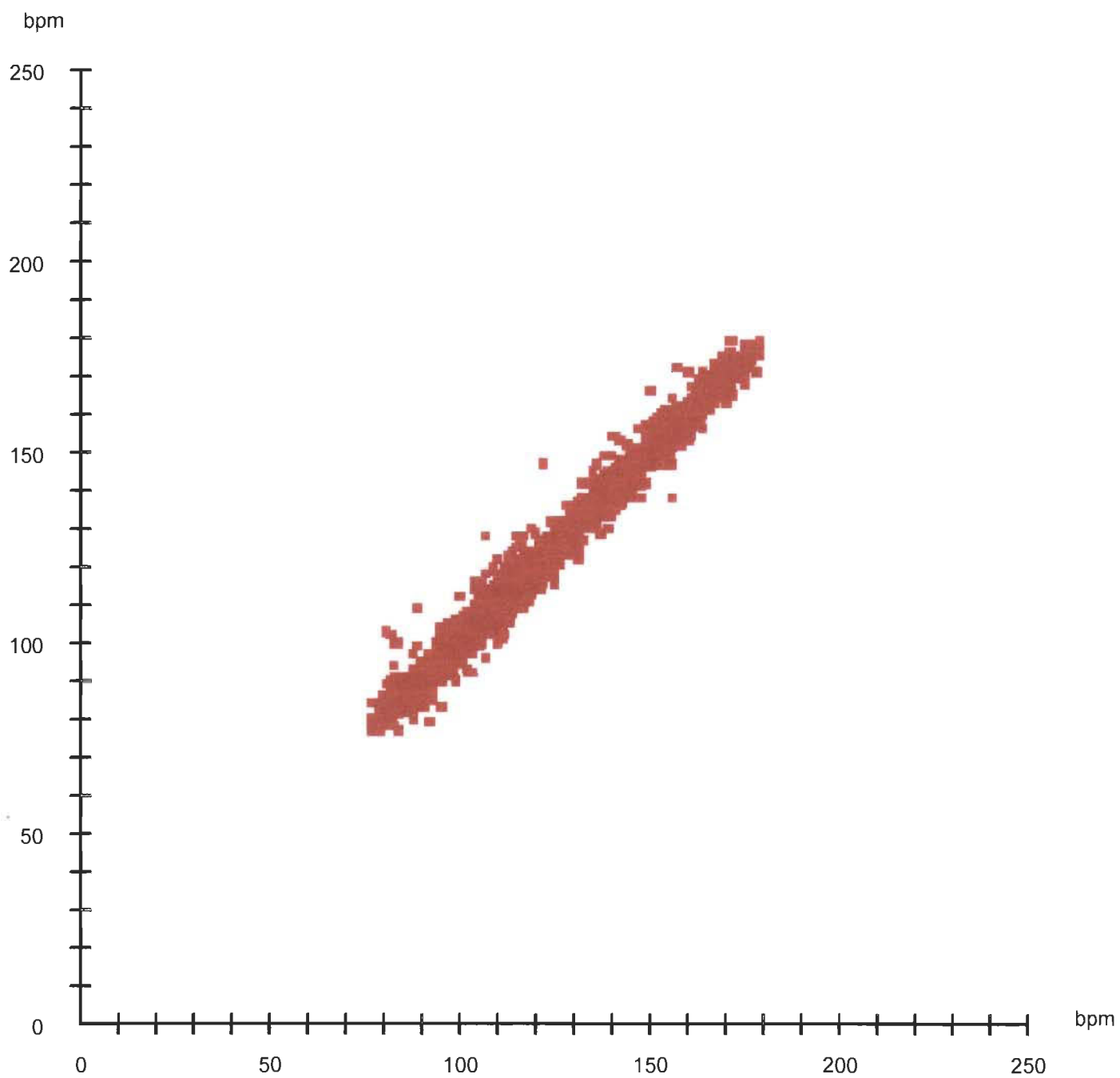
Person	Sujet 1	Date	8/14/03	Heart rate	122 / 179	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	1:48:02 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	5:42:17.9			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 5:42:15 (5:42:15.0)		

Distribution



Person	Sujet 1	Date	8/14/03	Heart rate	122 / 179	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	1:48:02 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	5:42:17.9			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 5:42:15 (5:42:15.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 1	Date	8/14/03
Exercise		Time	1:48:02 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 5:42:15 (5:42:15.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 1

DATE:15 août 2003

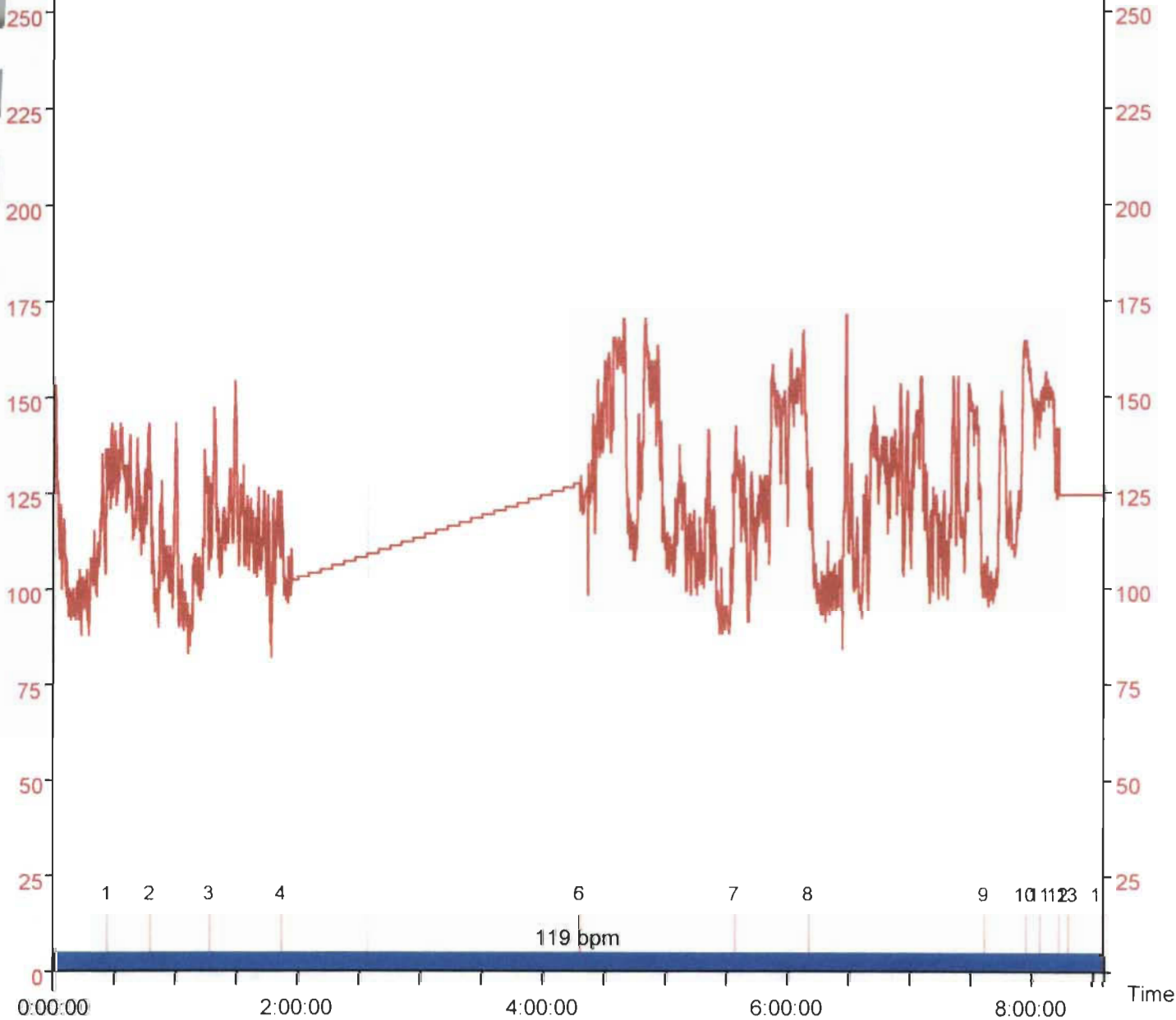
Tâche / Pause	Heure	FC brouha					
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC therm
lance in	10h10						
pause	10h39						
pile in	11h04						
pause	11h29						
pile in	11h54						
pause	12h15	99.67	105	101.33	111.5	11.83	21
pile in	15h04						
pause	15h34						
pile in	16h06						
pause	16h48	103.33	102.83	98.17	116.83	13.5	20.44
pile in	17h18						
pause	18h10	101.83	99.67	99.5	102.83	1.67	19.11
charge out	18h35						
fin de la journée	18h51						

Commentaires: Fumeur (a fumé à 10h45 et 15h34)
(fumeur, malaise, maladie)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

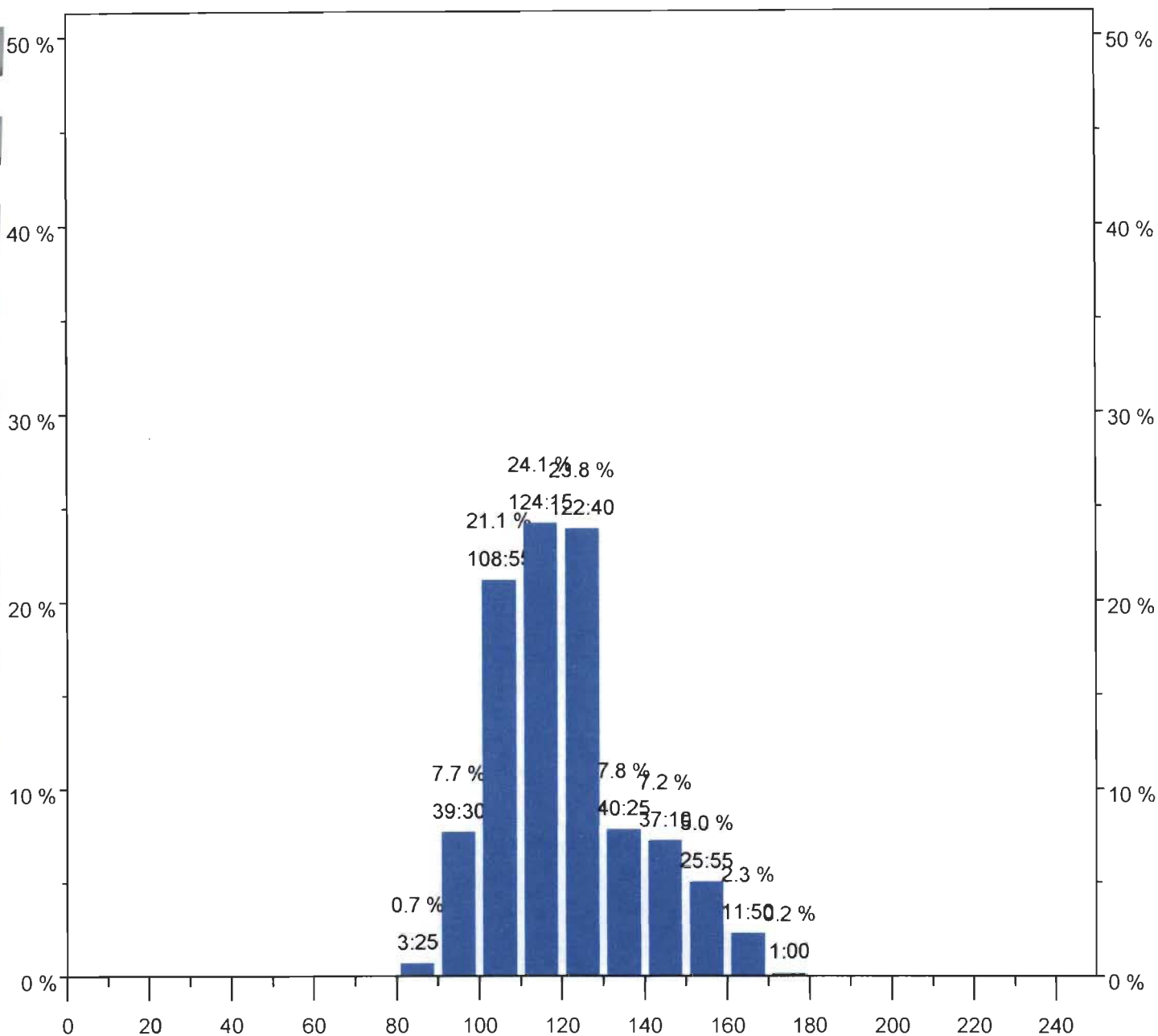


Time: 2:34:20

HR: 109 bpm

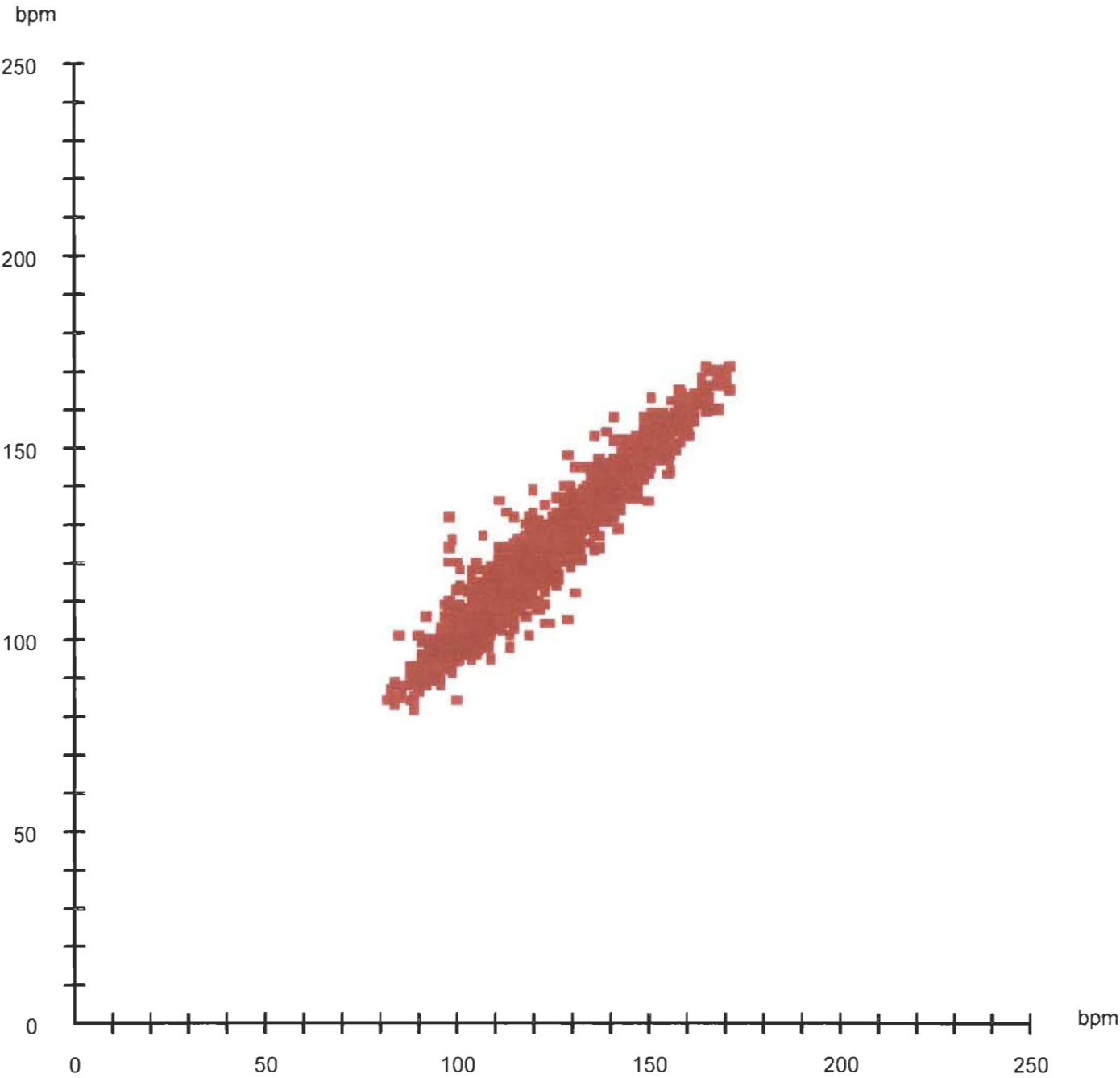
Person	Sujet 1	Date	8/15/03	Heart rate	119 / 171	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	10:39:46 AM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	8:35:04.8			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 8:35:00 (8:35:00.0)		

Distribution



Person	Sujet 1	Date	8/15/03	Heart rate	119 / 171	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	10:39:46 AM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	8:35:04.8			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 8:35:00 (8:35:00.0)		

Scatterogram



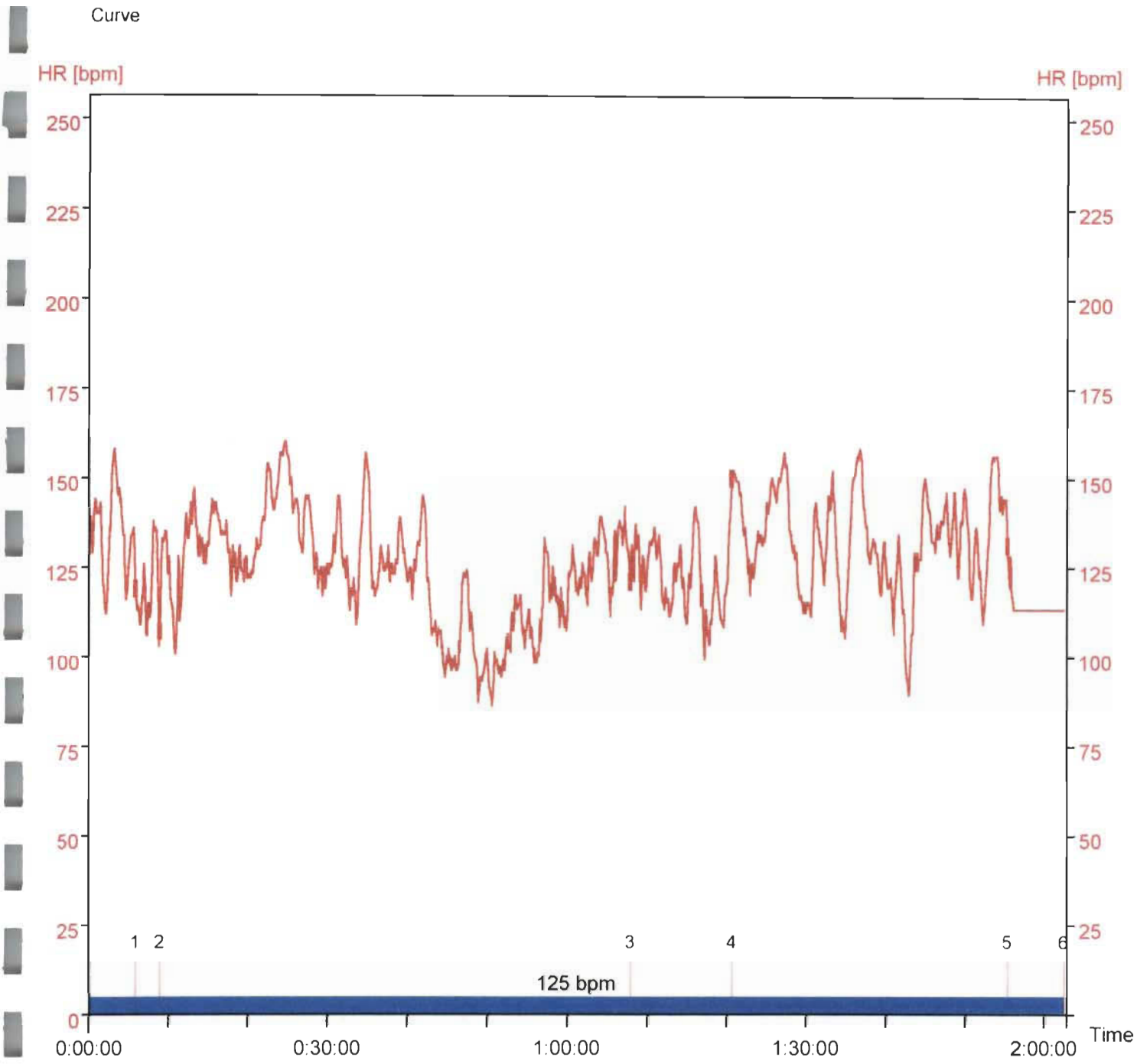
Person	Sujet 1	Date	8/15/03
Exercise		Time	10:39:46 AM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 8:35:00 (8:35:00.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 1

DATE:17 août 2003

		FC brouha					
Tâche / Pause	Heure	P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC therm
pile in	15h31						
pause	15h59						
pile in	16h03						
pause	16h10						
pile in	16h23						
pause	16h40						
pile in	16h49						
pause	17h02						
pile in	17h06						
Couvre une charge out	17h11						
Fin de la journée	17h24						

Commentaires: Fumeur
(fumeur, malaise, maladie)

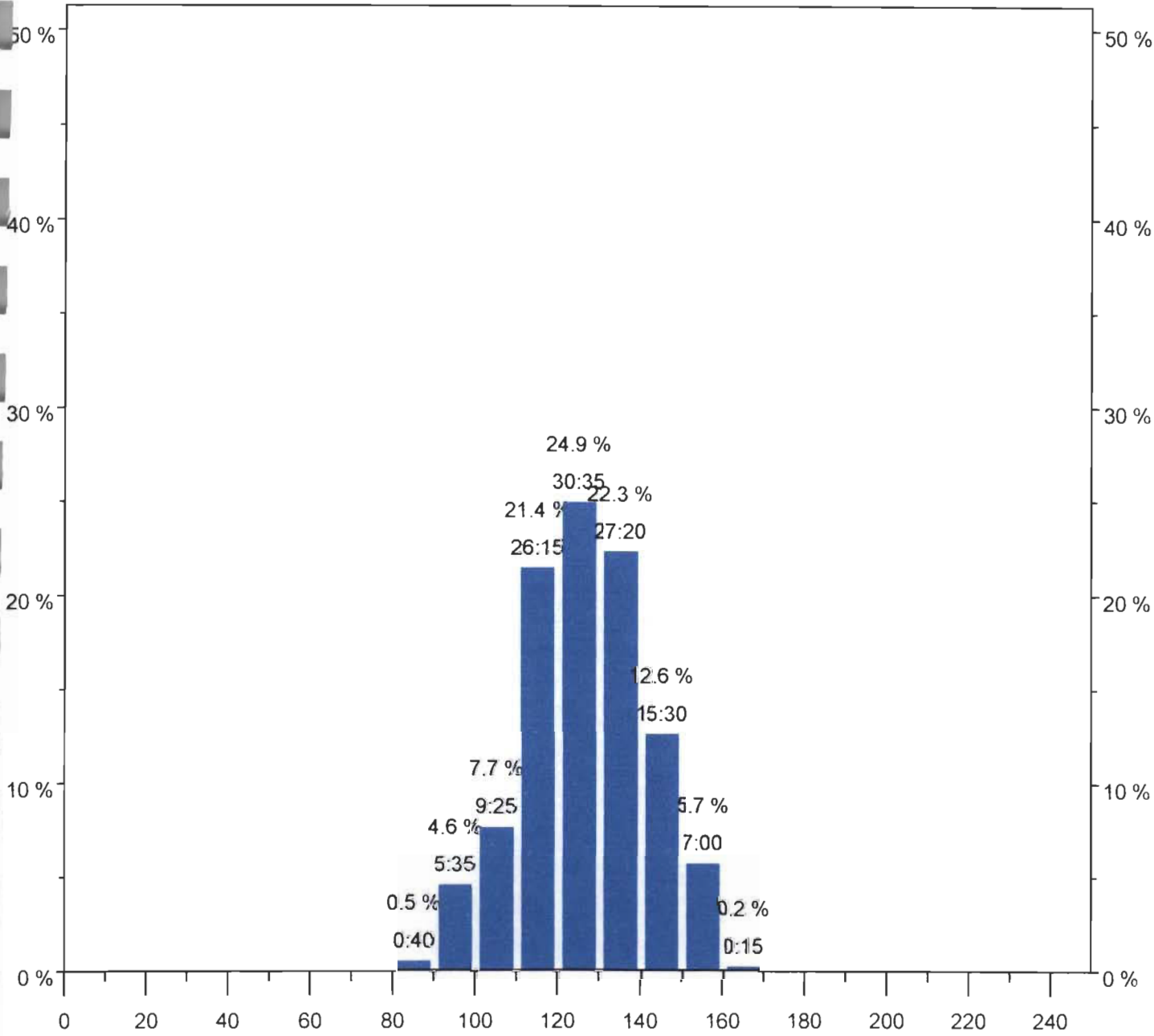


Time: 0:00:00

HR: 136 bpm

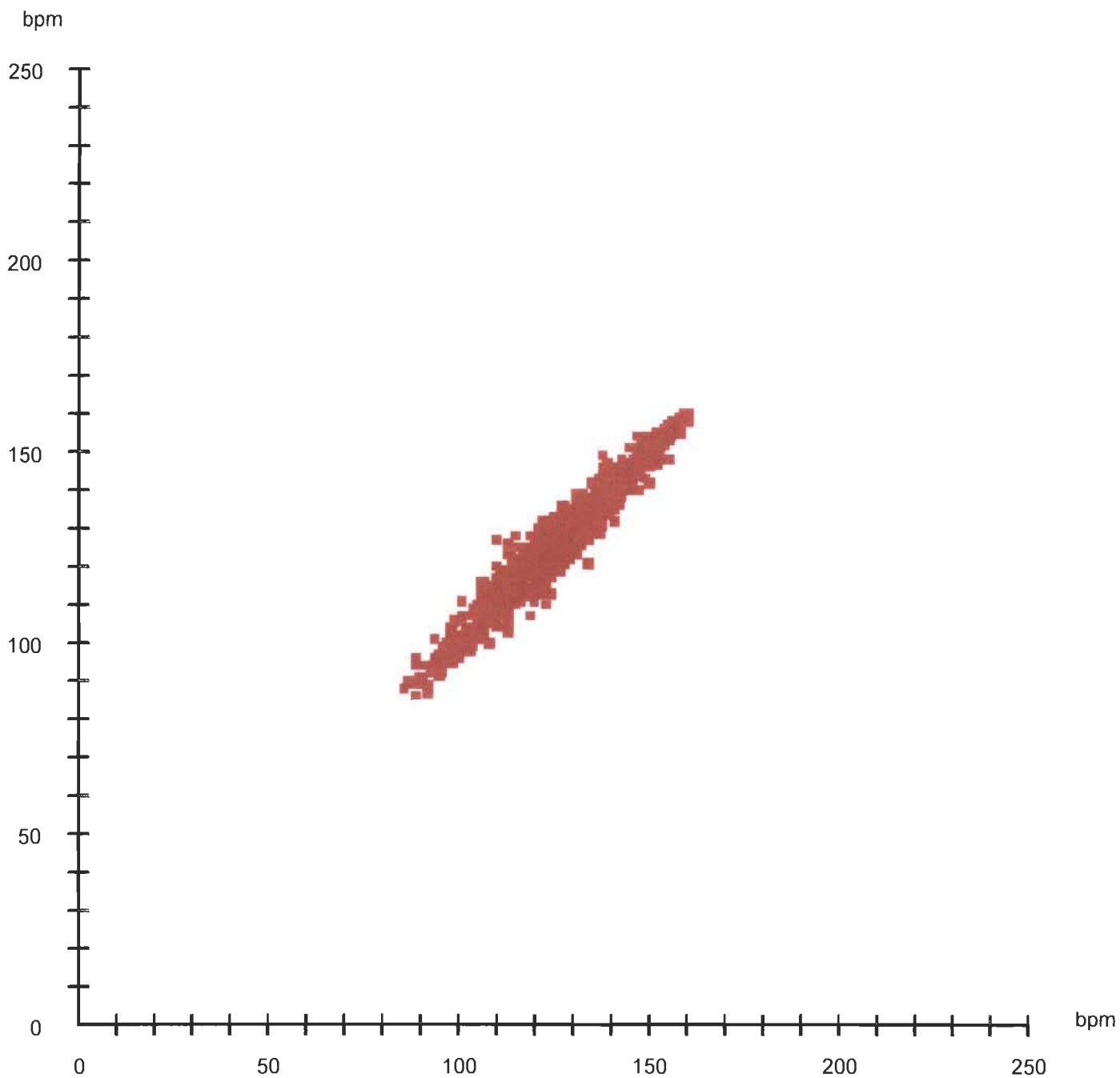
Person	Sujet 1	Date	8/17/03	Heart rate	125 / 160	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	3:27:04 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	2:02:32.4			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 2:02:30 (2:02:30.0)		

Distribution



Person	Sujet 1	Date	8/17/03	Heart rate	125 / 160	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	3:27:04 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	2:02:32.4			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 2:02:30 (2:02:30.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 1	Date	8/17/03
Exercise		Time	3:27:04 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 2:02:30 (2:02:30.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 2

DATE:21 juin 2003

Tâche / Pause	Heure	FC brouha					
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC ther
Pilage de balles (in)	14h50						
Pause (in)	15h10	106	86	80	132	26	22.67
Pilage de balles (in)	15h45						
Pause (in)	15h57	92	96	88	90	-2	24.00
Pilage de balles (in)	16h24						
Pause (in)	16h41	106	92	70	98	-8	21.33
Pilage de balles (in)	16h51						
Pause (in)	17h04						
Pilage de balles (in)	17h24						
Pause (in)	17h44	84	70	72	120	36	7.33
Lance les balles (in)	18h10						
Pause (in)	18h29						
Pilage de balles (in)	18h35						
Pilage de balles (in)	18h46	108	90	92	100	-8	28.67
Arrêt	18h55						

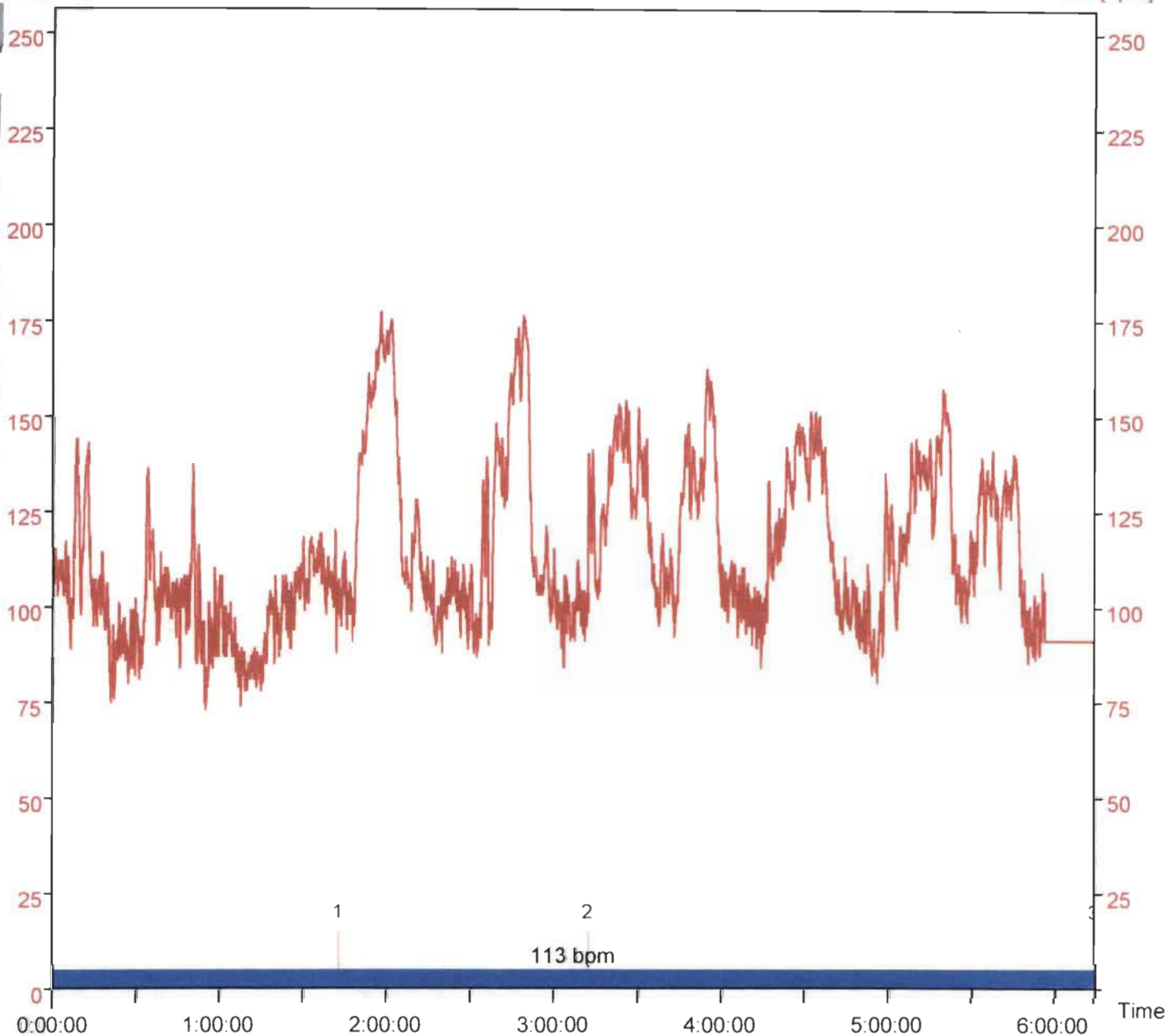
Commentaires:

(fumeur, malaise, maladie)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

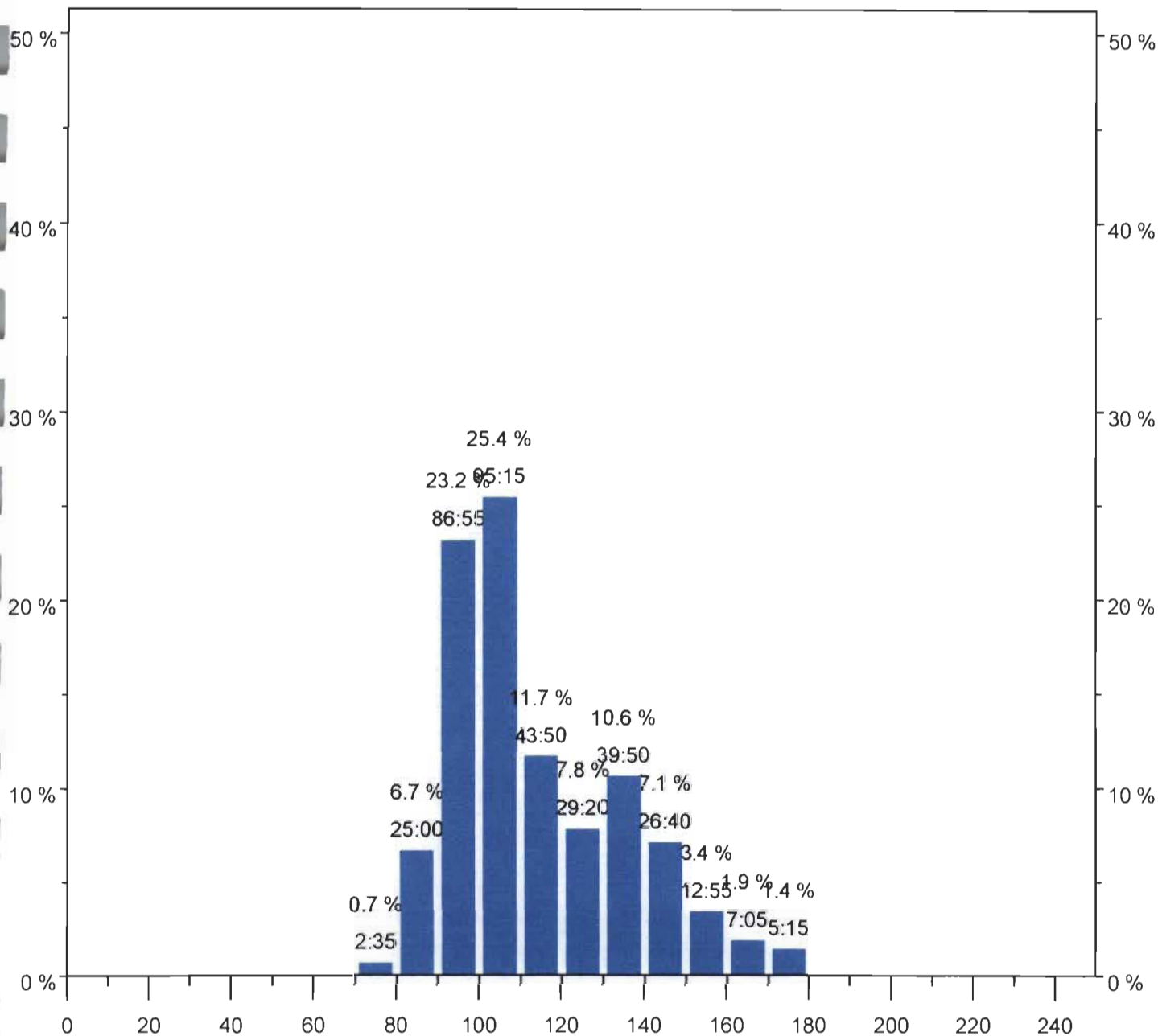


Time: 0:00:00

HR: 104 bpm

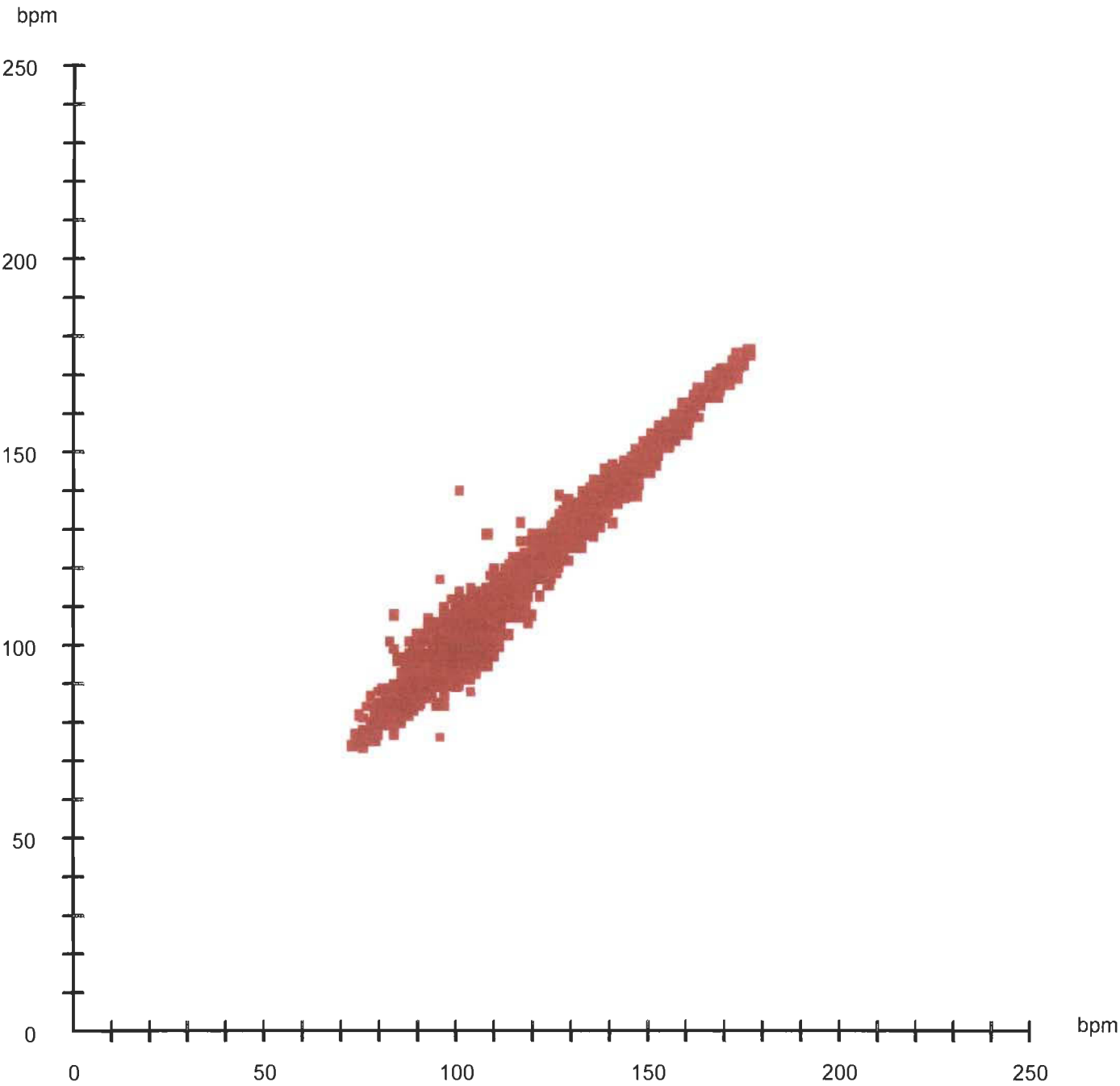
Person	Sujet 2	Date	6/21/03	Heart rate	113 / 177		
Exercise		Time	1:06:22 PM	Max. HR	180		
Sport	Course à pied	Duration	6:14:39.6				
Note				Selection	0:00:00 - 6:14:35 (6:14:35.0)		

Distribution



Person	Sujet 2	Date	6/21/03	Heart rate	113 / 177		
Exercise		Time	1:06:22 PM	Max. HR	180		
Sport	Course à pied	Duration	6:14:39.6				
Note				Selection	0:00:00 - 6:14:35 (6:14:35.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 2	Date	6/21/03
Exercise		Time	1:06:22 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 6:14:35 (6:14:35.0)	SD 2	0.0 ms

DATE:22 juin 2003

Tâche / Pause	Heure	FC brouha					
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC ther
Pilage de balles (in)	13h53						
Pause (in)	14h08	100	100	93	131	31	29.67
Pilage de balles (in)	14h21						
Pause (in)	14h36	117	102	92	117		35.67
Pilage de balles (in)	14h44						
Pause (in)	14h59	116	121	87	132	16	40.00
Pilage de balles (in)	15h16						
Pause (in)	15h30	106	100	96	119	13	32.67
Pilage de balles (in)	15h50						
Pause (in)	16h04	111	112	112	127	16	43.67
Pile les balles (in)	16h21						
Pause (in)	16h36						
Pilage de balles (in)	17h24						
Pause (in)	17h49	116	102	102	124	8	38.67
Pilage de balles (in)	18h07						
Arrêt	18h25	120	111	103	113	-7	43.33

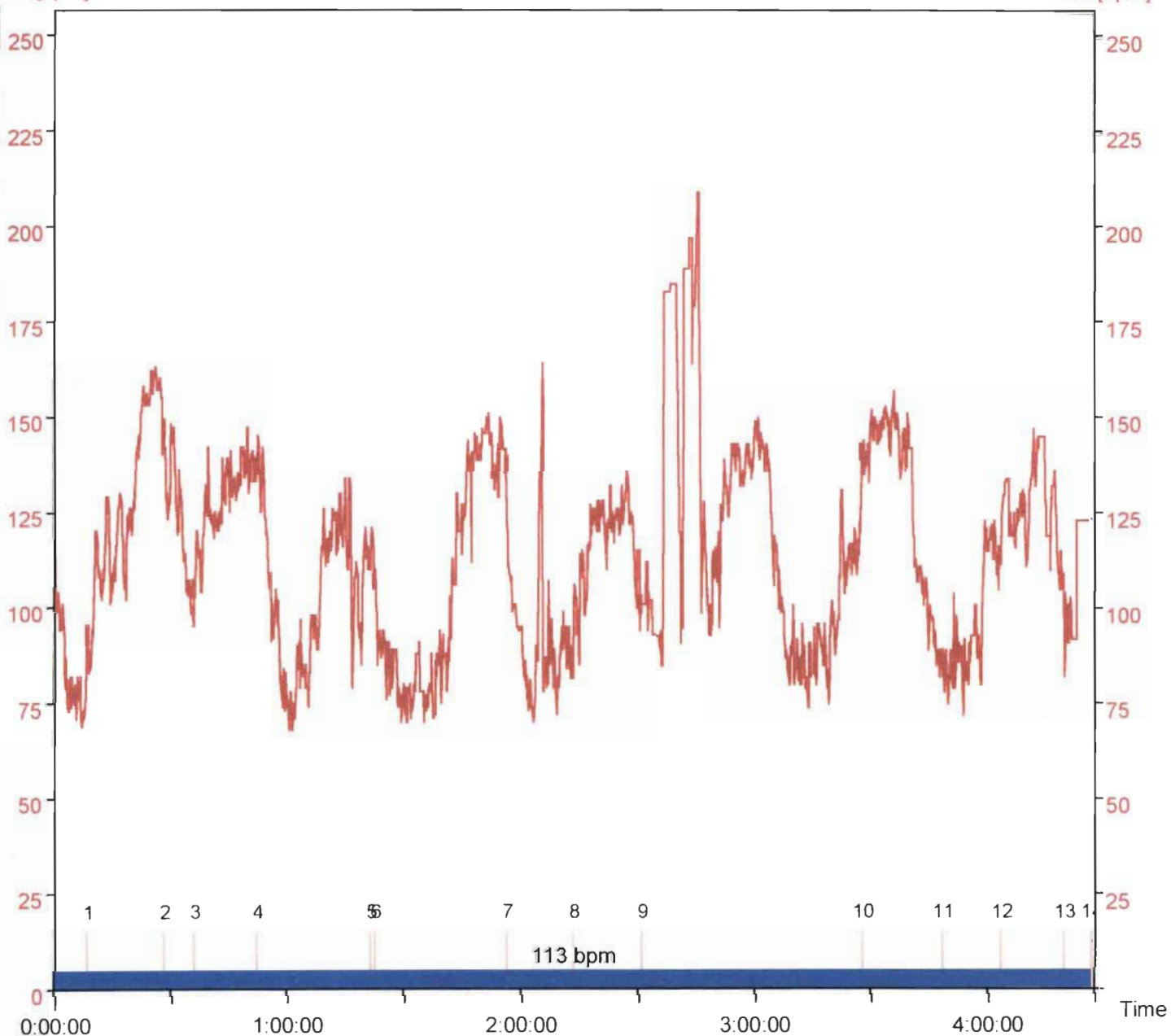
Commentaires:

(fumeur, malaise, maladie)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

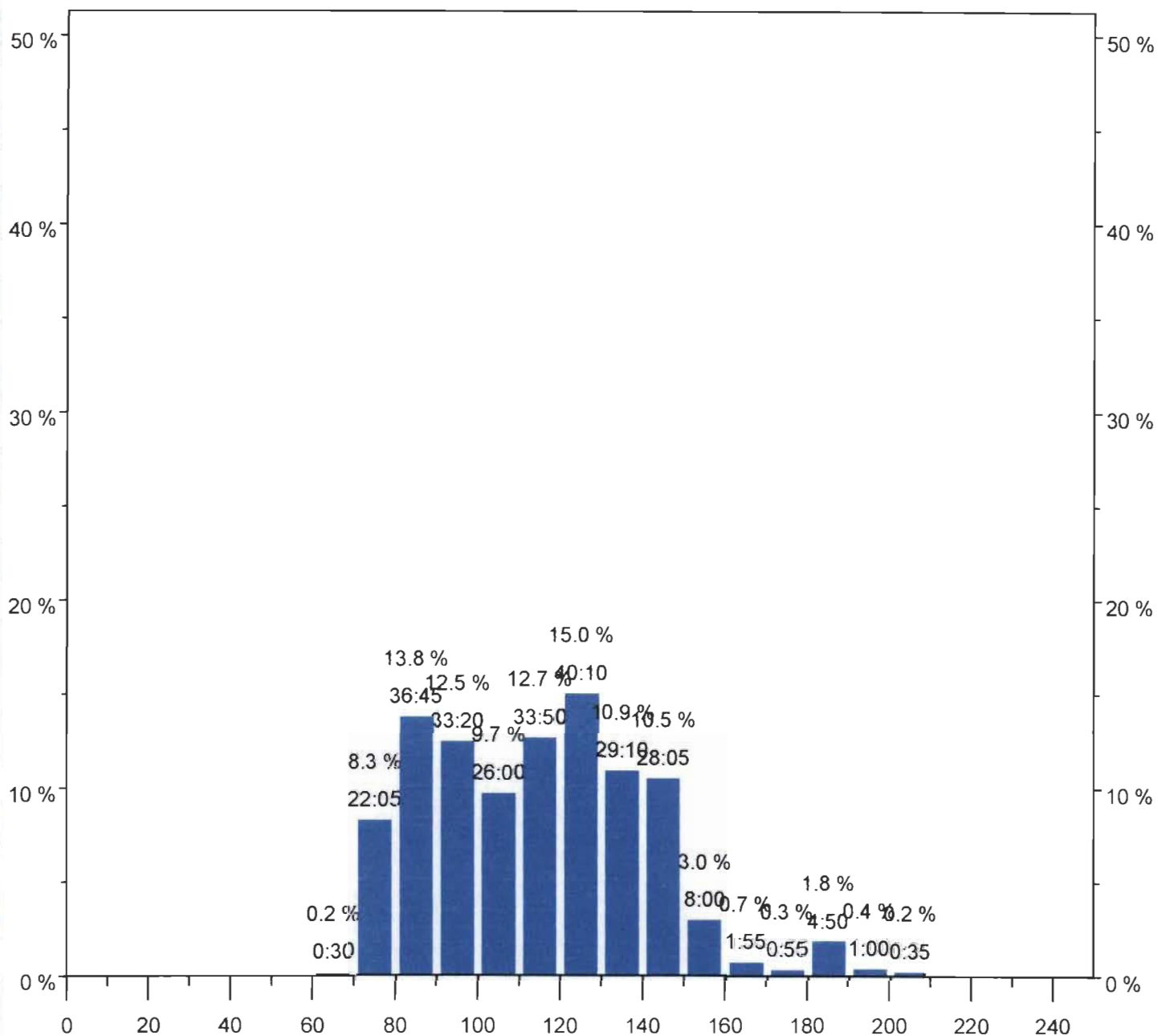


Time: 0:00:00

HR: 116 bpm

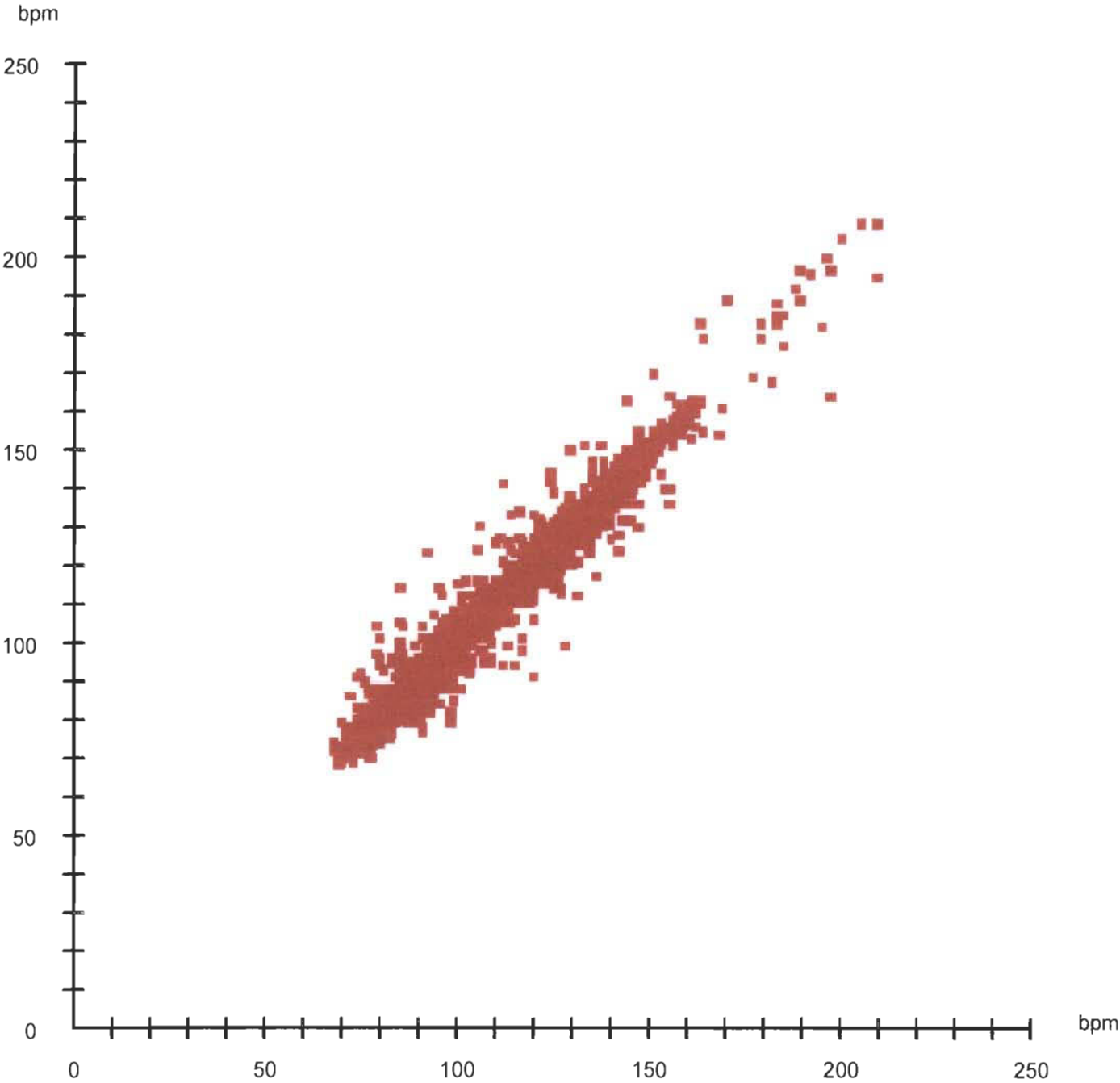
Person	Sujet 2	Date	6/22/03	Heart rate	113 / 209	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	2:07:53 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	4:27:06.5			Limits 3	80 - 160
Note	File 1			Selection	0:00:00 - 4:27:05 (4:27:05.0)		

Distribution



Person	Sujet 2	Date	6/22/03	Heart rate	113 / 209	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	2:07:53 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	4:27:06.5			Limits 3	80 - 160
Note	File 1			Selection	0:00:00 - 4:27:05 (4:27:05.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 2	Date	6/22/03
Exercise		Time	2:07:53 PM
Note	File 1	SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 4:27:05 (4:27:05.0)	SD 2	0.0 ms

DATE:23 juin 2003

Tâche / Pause	Heure	FC brouha					
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC ther
Pilage de balles (in)	10h40						
Pause (in)	10h52	103	102	99	108	5	33.33
Pilage de balles (in)	11h12						
Pause (in)	11h31	114	117	112	126	12	46.33
Pilage de balles (in)	12h36						
Pause (in)	12h54						
Lançage de balles (in)	13h15						
Pause pour diner (in)	13h28	107	108	107	127	20	39.33
Pilage de balles (in)	13h53						
Pause (in)	14h09	111	103	104	134	23	38.00
Pilage de balles (in)	14h31						
Pause (in)	14h45	101	97	100	127	26	31.33
Lançage de balles (in)	15h32						
Pause (in)	15h42	117	119	102	135	18	44.67
Pilage de balles (in)	15h56						
pause (in)	16h14	111	118	105	129	18	43.33
Pilage de balles (in)	16h32						
Pause (in)	16h49	112	109	107	130	18	41.33
Pilage de balles (in)	16h58						
Pause (in)	17h15	129	133	113	139	10	57.00
Pilage de balles (in)	17h32						
Pause (in)	17h51	110	106	102	131	21	38.00
Pilage de balles (in)	18h06						
Pause	18h23	114	116	107	118	4	44.33
Pilage de balles (out)	18h38						
Arrêt	19h00						

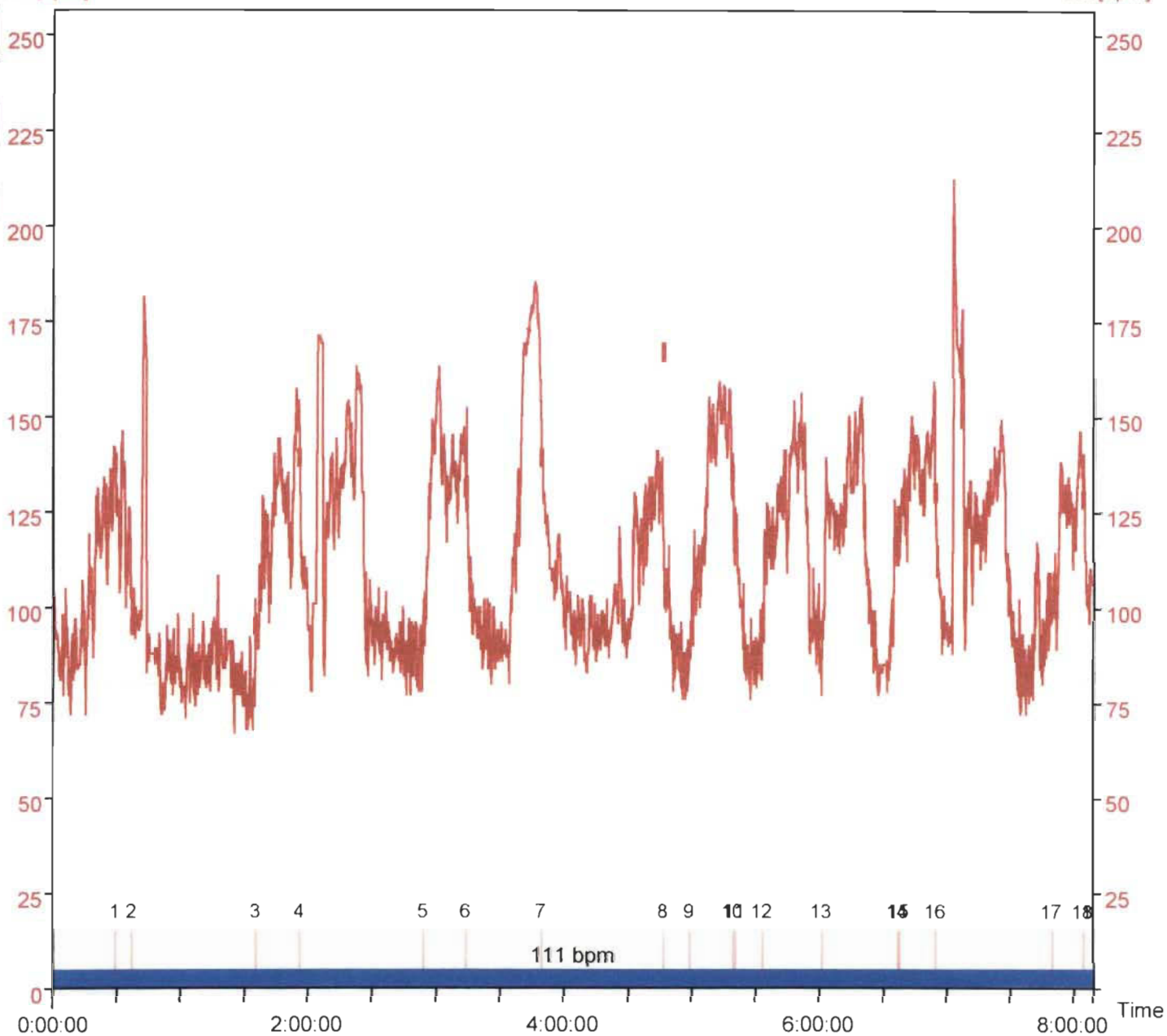
Commentaires:

(fumeur, malaise, maladie)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

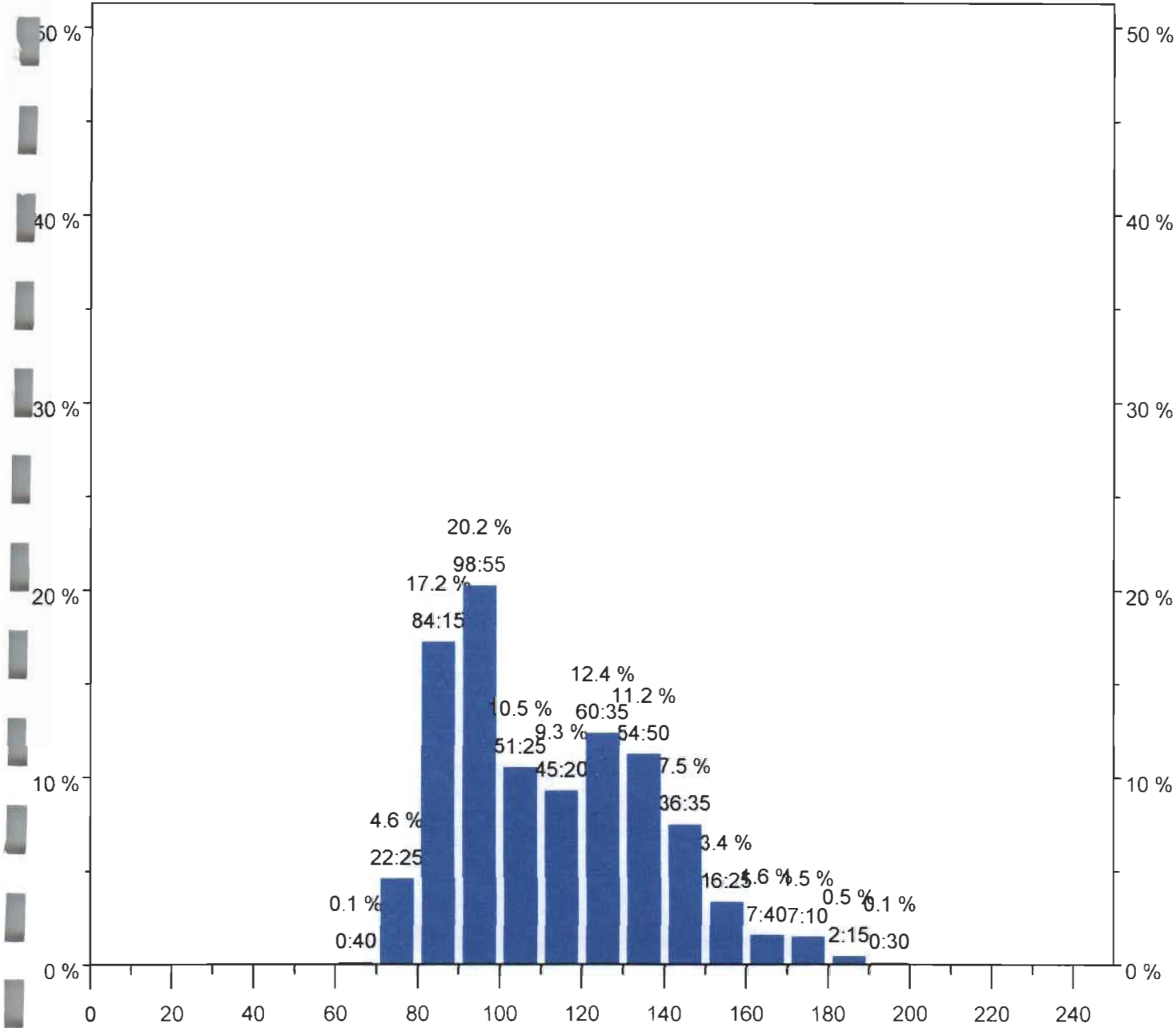


Time: 0:00:00

HR: 104 bpm

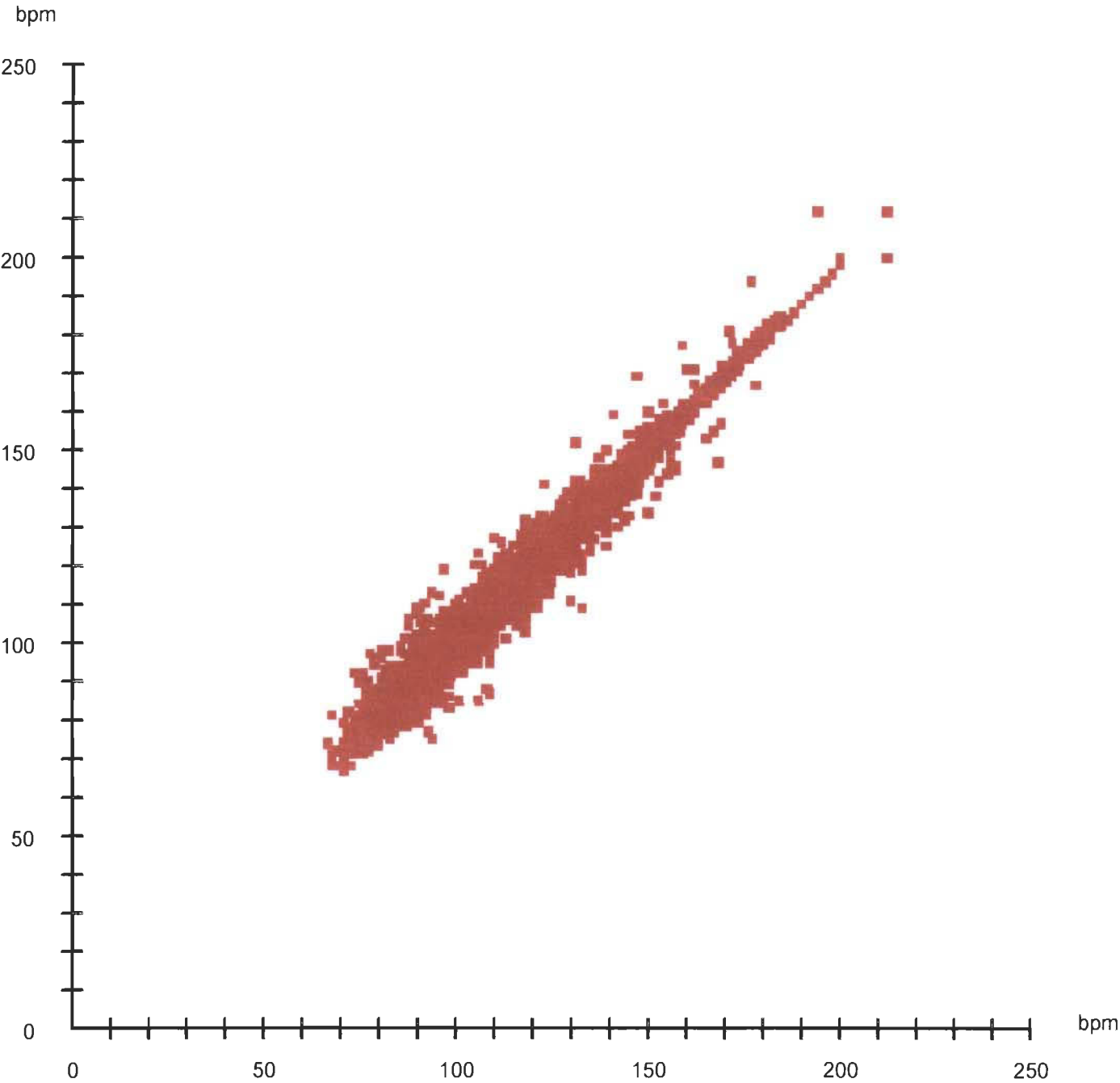
Person	Sujet 2	Date	6/23/03	Heart rate	111 / 212	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	10:55:56 AM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	8:09:27.7			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 8:09:25 (8:09:25.0)		

Distribution



Person	Sujet 2	Date	6/23/03	Heart rate	111 / 212	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	10:55:56 AM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	8:09:27.7			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 8:09:25 (8:09:25.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 2	Date	6/23/03
Exercise		Time	10:55:56 AM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 8:09:25 (8:09:25.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 2

DATE: 14 août 2003

Tâche / Pause	Heure	FC brouha					FC therm
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	
lance in	13h45						
pause	14h11	138.5	118.17	101.33	139	0.5	54.33
lance in	14h33						
pause	15h00	101.33	95	83	117.33	16	28.11
lance in	15h09						
pause	15h51	109.17	98.5	90.67	126.61	17.5	34.44
charge out	16h09						
pause	16h25	107.5	100	92	137.5	30	34.83
charge out	16h44						
pause	16h55						
charge out	16h57						
pause	17h09	99	95	85.67	131	32	28.22
pile in	17h21						
pause	17h37	142.67	131.67	120.5	146.67	4	66.61
charge out	18h03						
pause	18h24	107.67	105.5	101.17	129.33	21.67	39.78
pile in	18h46						
fin de la journée	19h13						

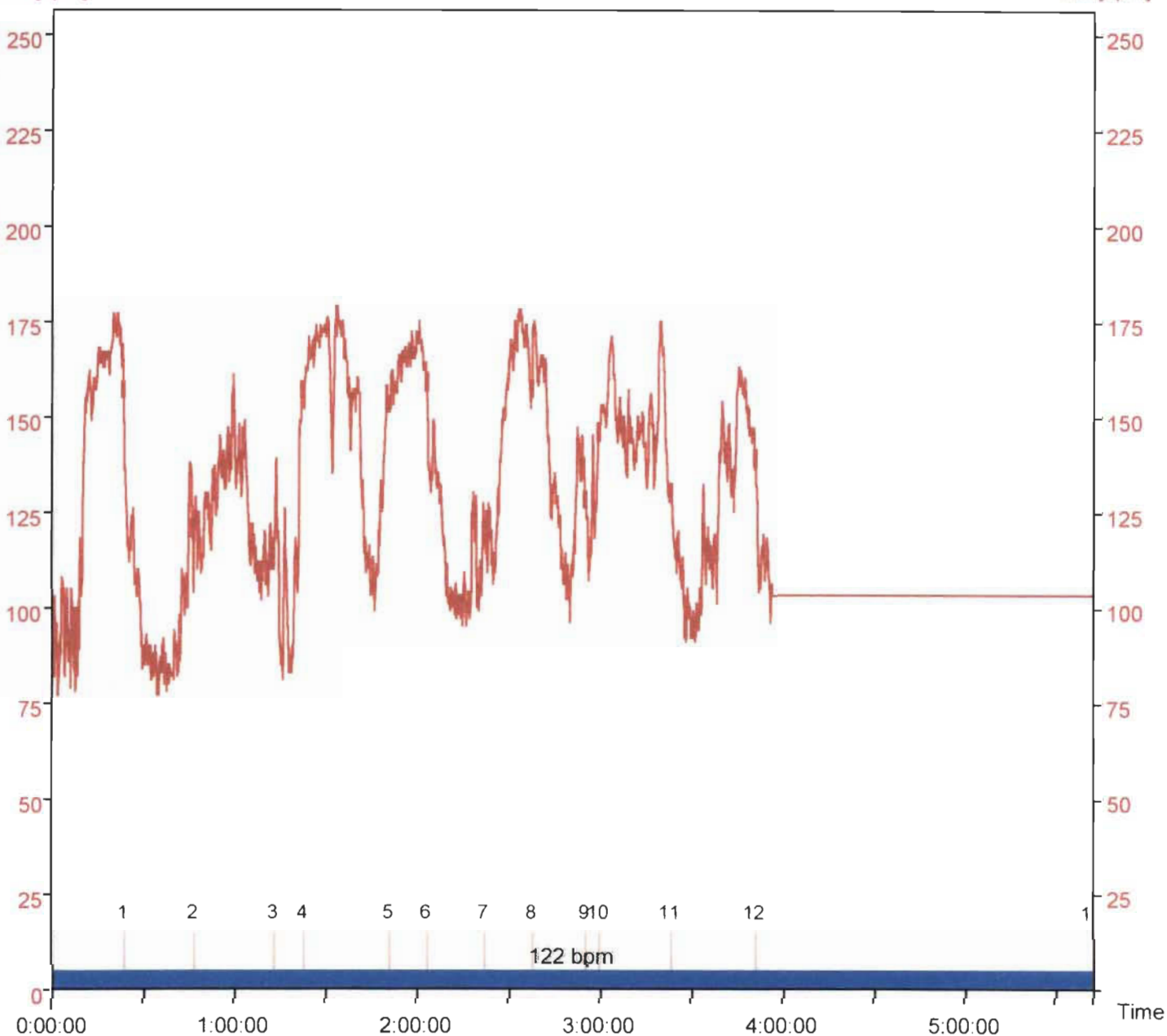
Commentaires:

(fumeur, malaise, maladie)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

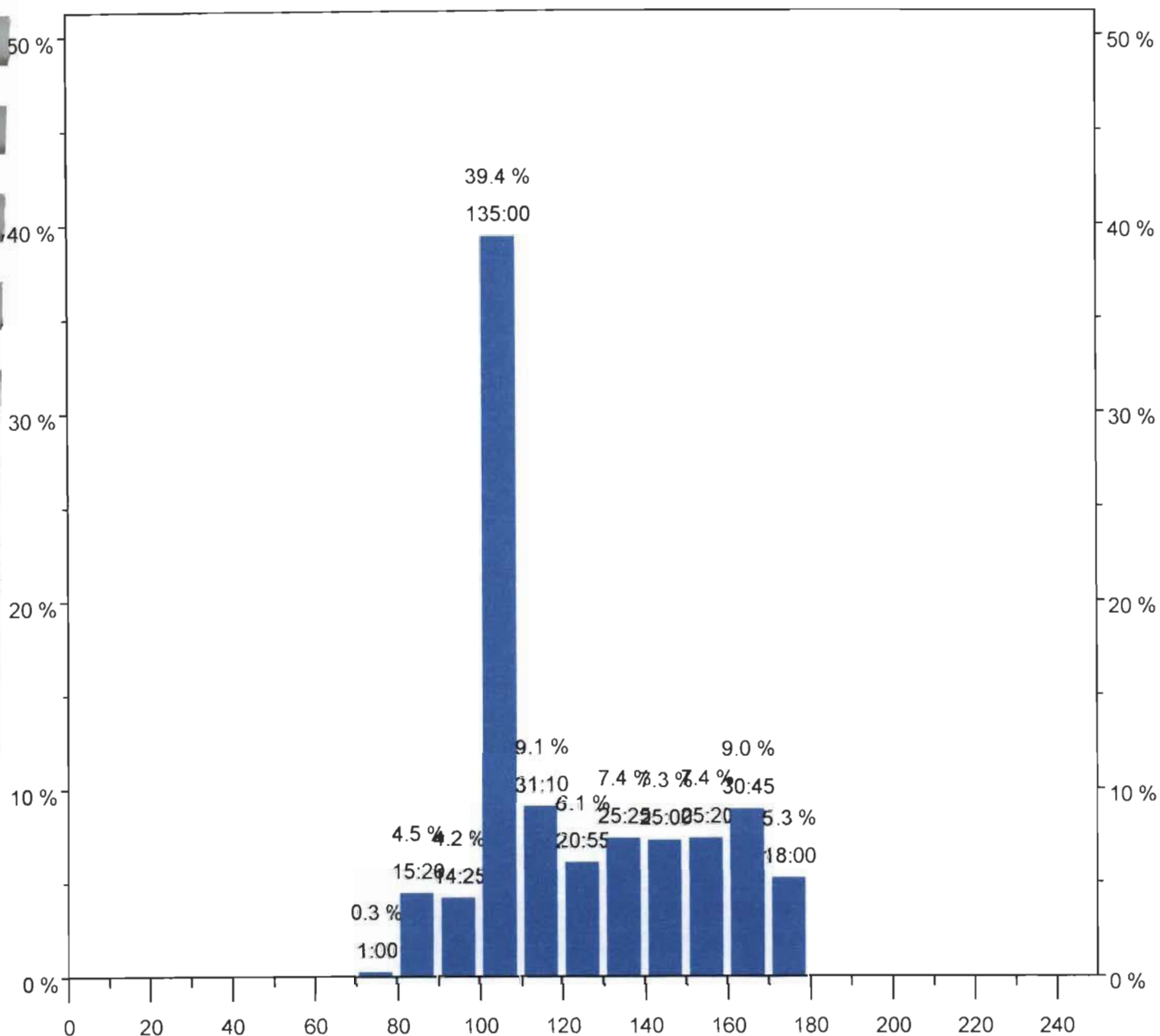


Time: 0:00:00

HR: 91 bpm

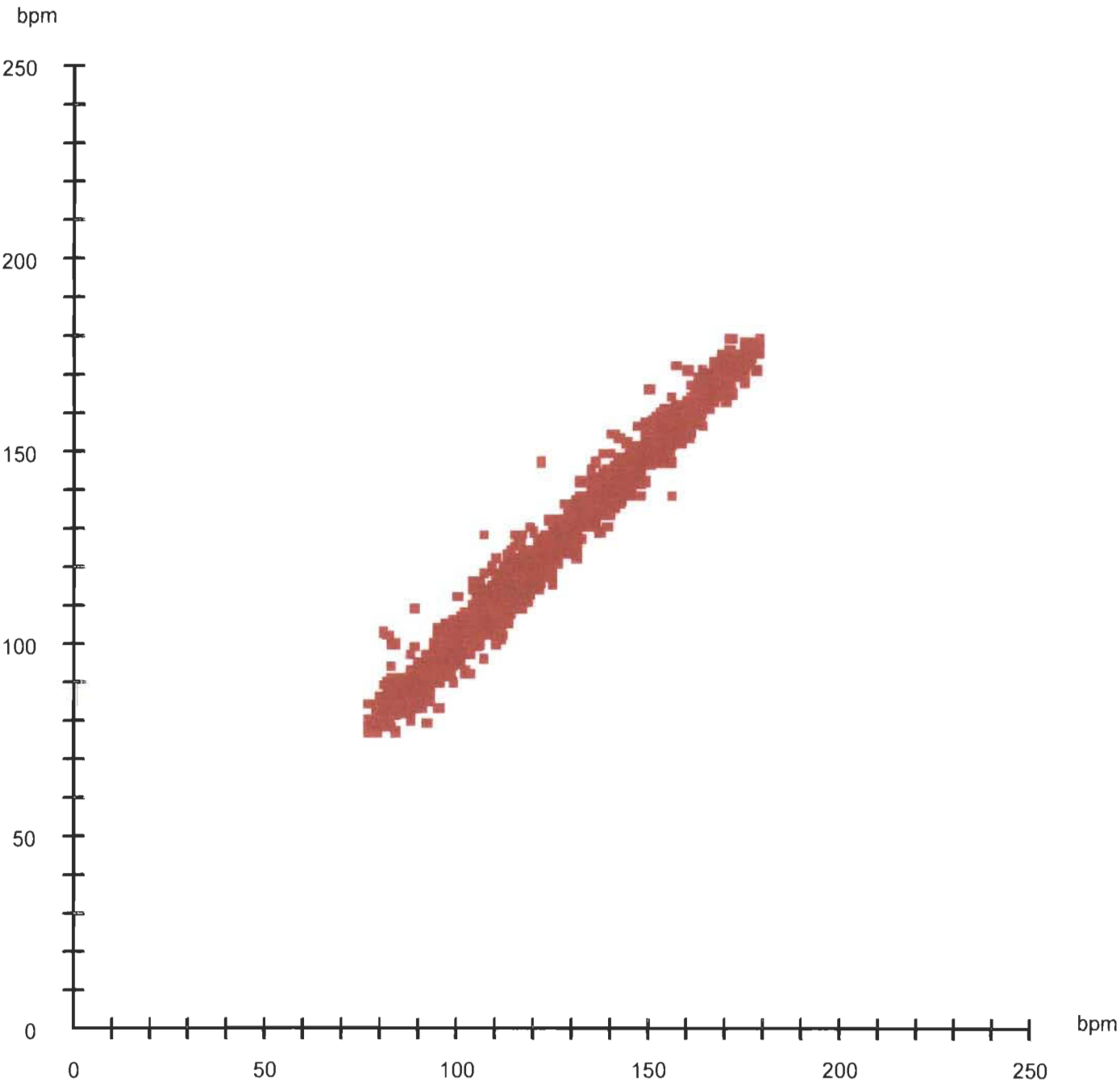
Person	Sujet 2	Date	8/14/03	Heart rate	122 / 179	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	1:48:02 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	5:42:17.9			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 5:42:15 (5:42:15.0)		

Distribution



Person	Sujet 2	Date	8/14/03	Heart rate	122 / 179	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	1:48:02 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	5:42:17.9			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 5:42:15 (5:42:15.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 2	Date	8/14/03
Exercise		Time	1:48:02 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 5:42:15 (5:42:15.0)	SD 2	0.0 ms

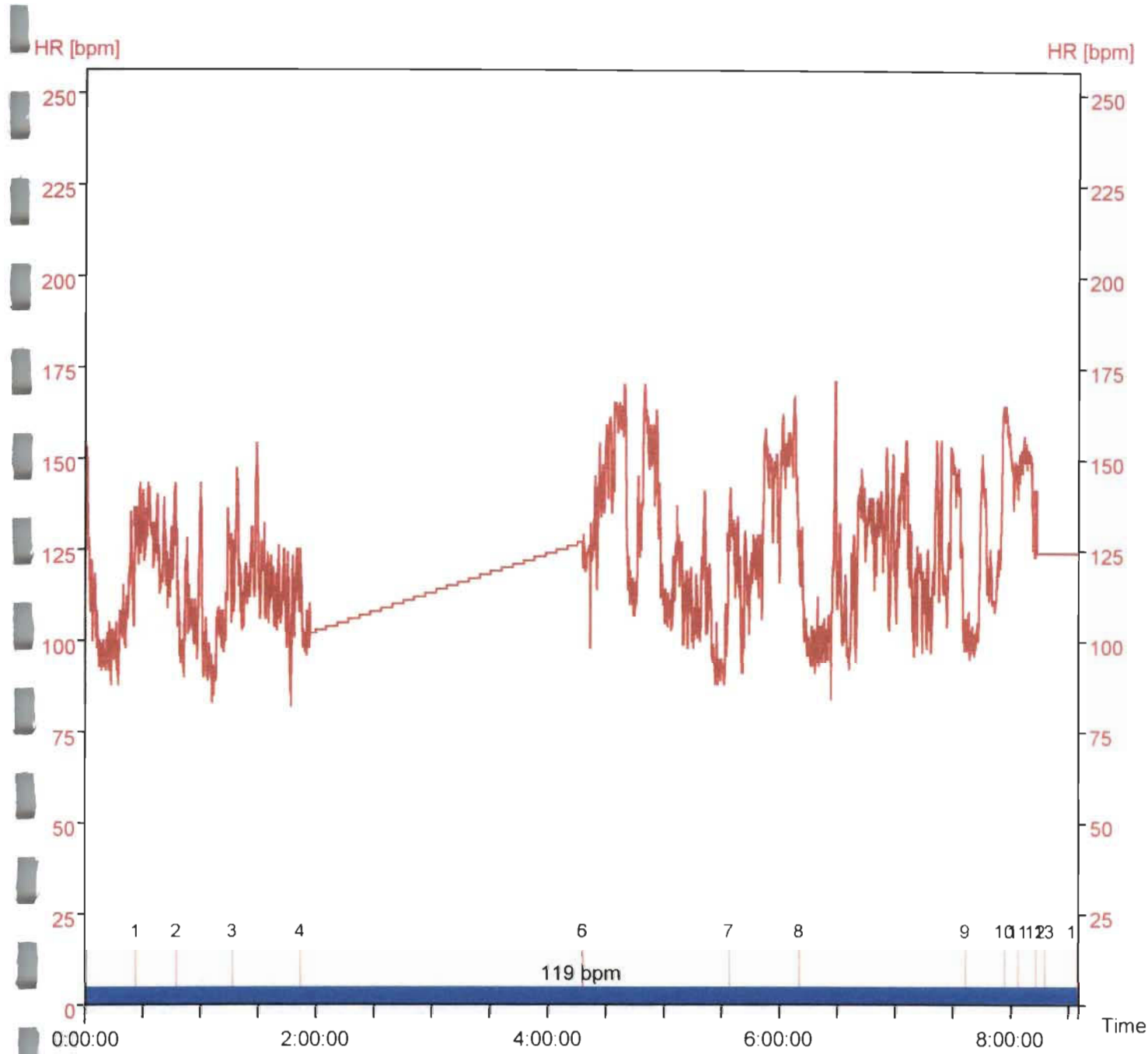
Sujet 2

DATE:15 août 2003

		FC brouha					
Tâche / Pause	Heure	P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC therm
pile in	10h10						
pause	10h39	99.83	108.83	101.67	137.5	37.67	30.44
lance in	11h04						
pause	11h29	102.17	94.67	96.83	128.83	26.67	24.89
pile in	11h54						
pause	12h15	111.33	112.5	106.5	114.17	2.83	37.11
pile in	15h04						
pause	15h34	100.67	100.17	101.5	111	10.33	27.78
pile in	16h06						
pause	16h48						
pile in	17h18						
pause	18h10						
pile in	18h35						
fin de la journée	18h51						

Commentaires: Fumeur (a fumé à 10h45 et 15h34)
(fumeur, malaise, maladie)

Curve

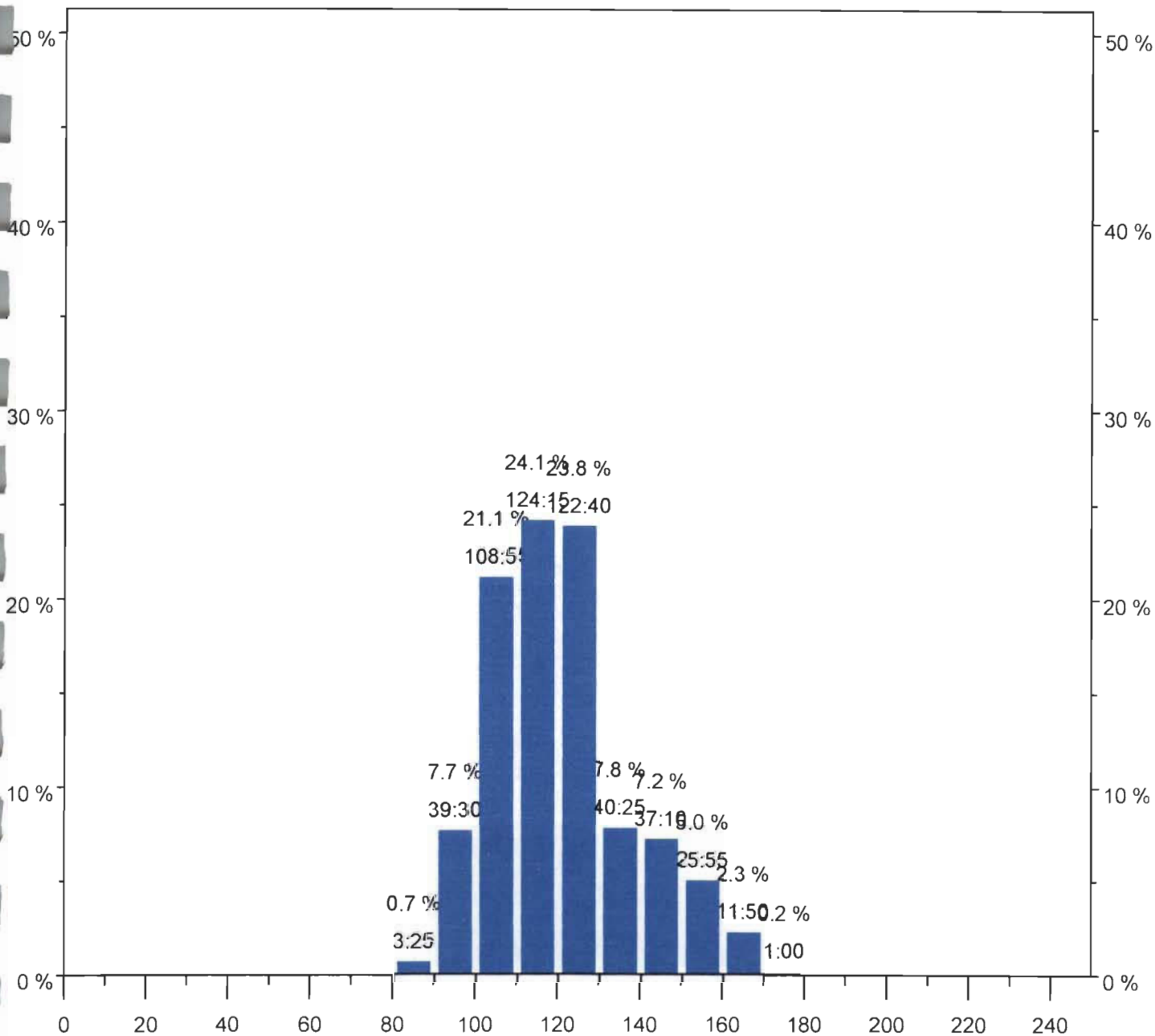


Time: 0:00:00

HR: 155 bpm

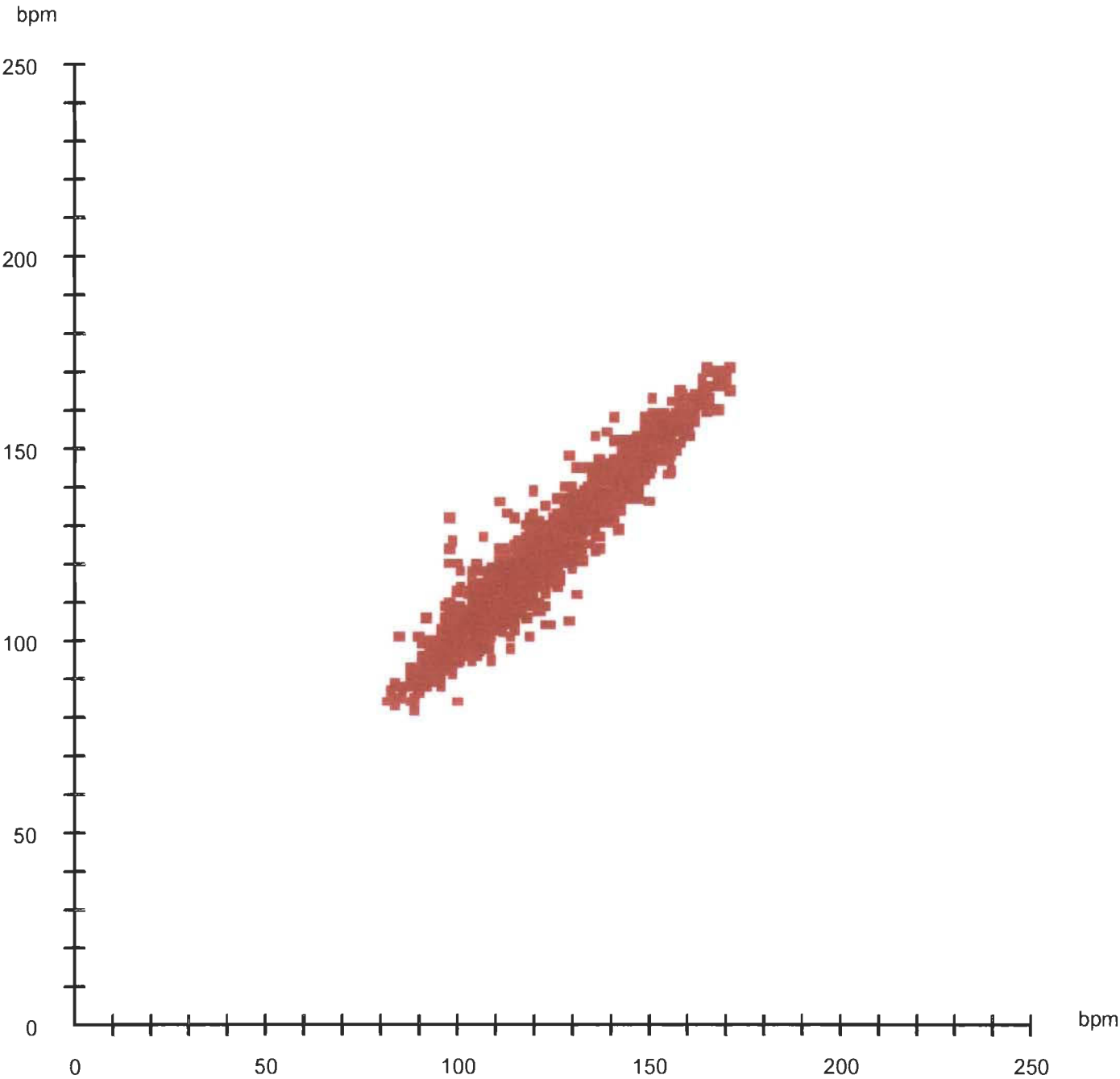
Person	Sujet 2	Date	8/15/03	Heart rate	119 / 171	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	10:39:46 AM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	8:35:04.8			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 8:35:00 (8:35:00.0)		

Distribution



Person	Sujet 2	Date	8/15/03	Heart rate	119 / 171	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	10:39:46 AM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	8:35:04.8			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 8:35:00 (8:35:00.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 2	Date	8/15/03
Exercise		Time	10:39:46 AM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 8:35:00 (8:35:00.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 2

DATE:17 août 2003

Tâche / Pause	Heure	FC brouha					
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC thermique
Charge out	15h31						
pause	15h59						
pile in	16h03						
pause	16h10						
Charge out	16h23						
pause	16h40						
pile in	16h49						
pause	17h02						
pile in	17h06						
Couvre une charge out	17h11						
Fin de la journée	17h24						

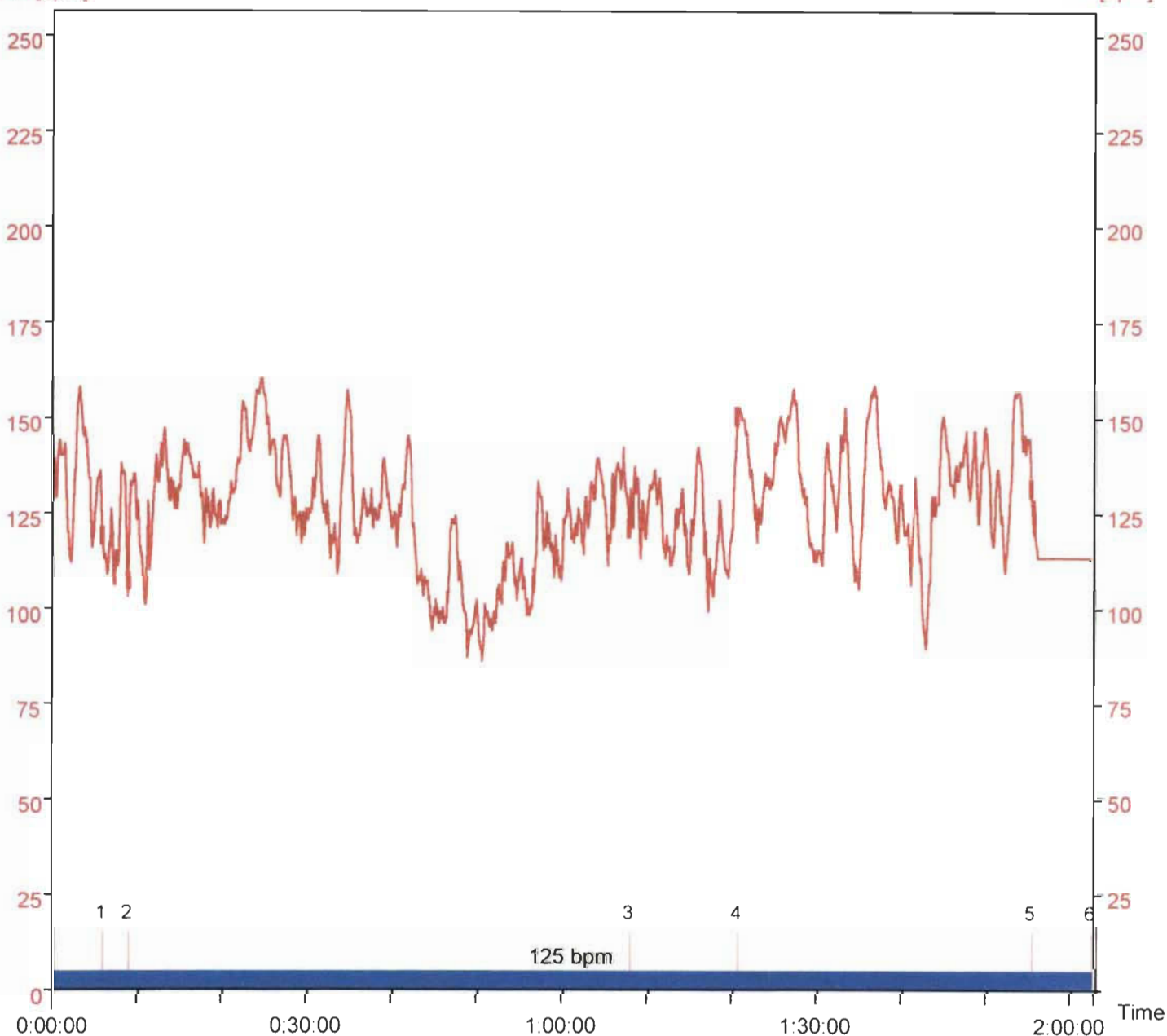
Commentaires:

(fumeur, malaise, maladie)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

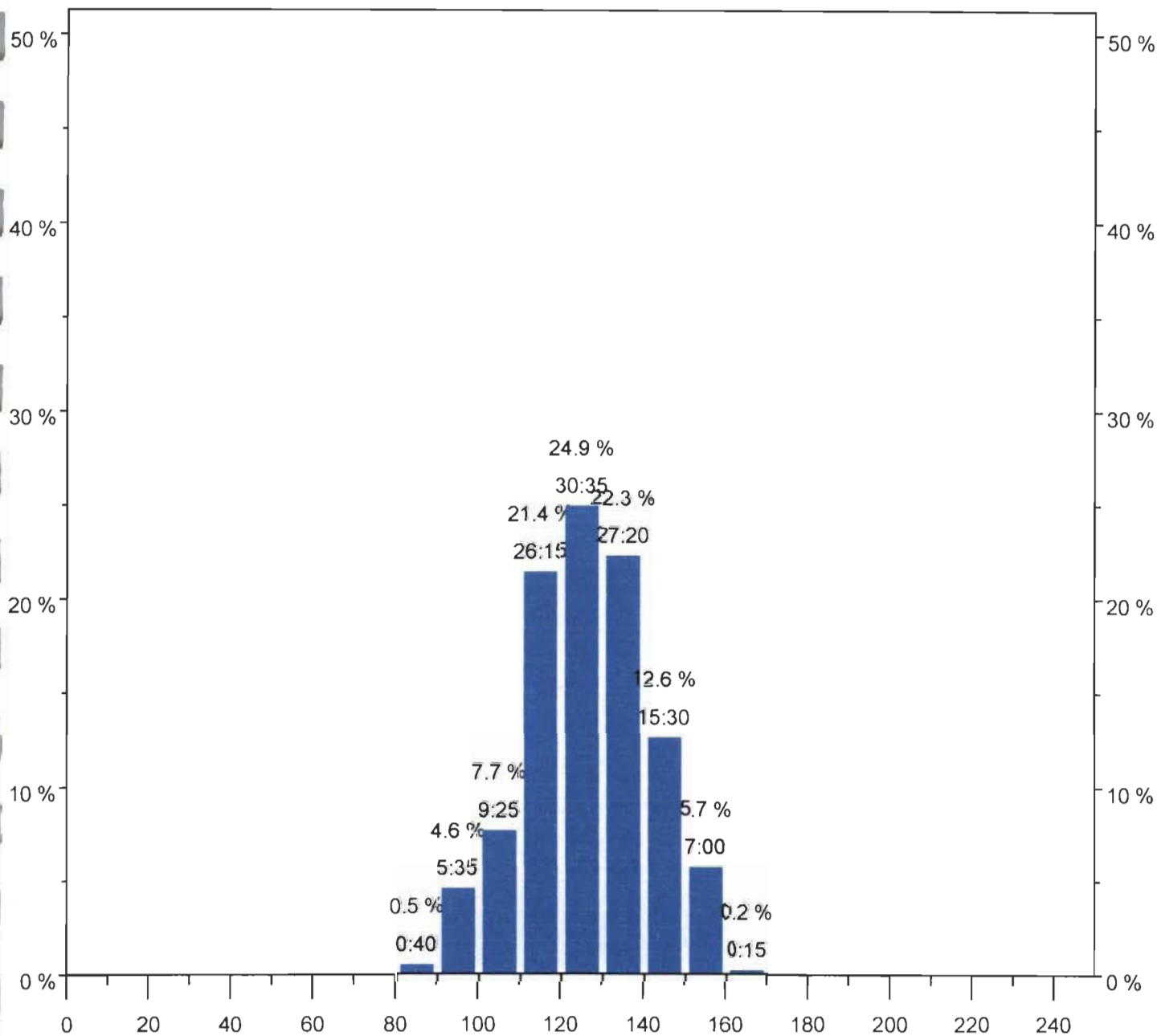


Time: 0:00:00

HR: 136 bpm

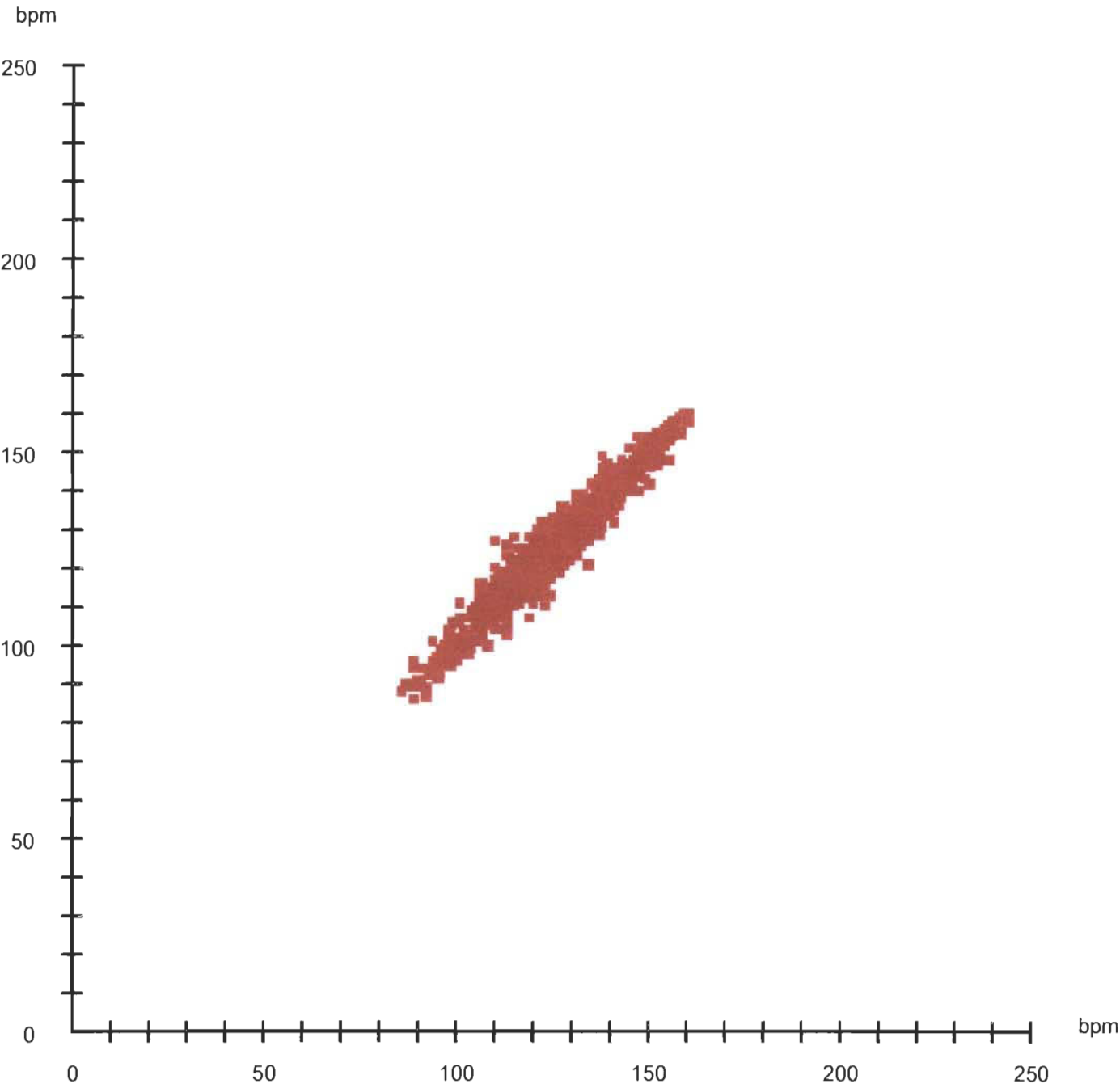
Person	Sujet 2	Date	8/17/03	Heart rate	125 / 160	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	3:27:04 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	2:02:32.4			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 2:02:30 (2:02:30.0)		

Distribution



Person	Sujet 2	Date	8/17/03	Heart rate	125 / 160	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	3:27:04 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	2:02:32.4			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 2:02:30 (2:02:30.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 2	Date	8/17/03
Exercise		Time	3:27:04 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 2:02:30 (2:02:30.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 3

DATE:21 juin 2003

Tâche / Pause	Heure	FC brouha					
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC ther
Pilage de balles (in)	14h50						
Lance les balles en bas (in)	15h00						
Pause (in)	15h10	110	100	90	128	18	27.00
Pilage de balles (in)	15h45						
Lance les balles en bas (in)	15h48						
Pilage de balles (in)	15h51						
Pause (in)	15h57	116	108	114	112	-4	39.67
Pilage de balles (in)	16h24						
Pause (in)	16h41	96	94	94	94	-2	21.67
Pilage de balles (in)	16h51						
Pause (in)	17h04						
Pilage de balles (in)	17h24						
Pause (in)	17h44	94	102	96	108	14	24.33
Lance les balles (in)	18h10						
Pause (in)	18h29						
Pilage de balles (in)	18h35						
Pilage de balles (in)	18h46	102	96	92	118	16	23.67
Arrêt	18h55						

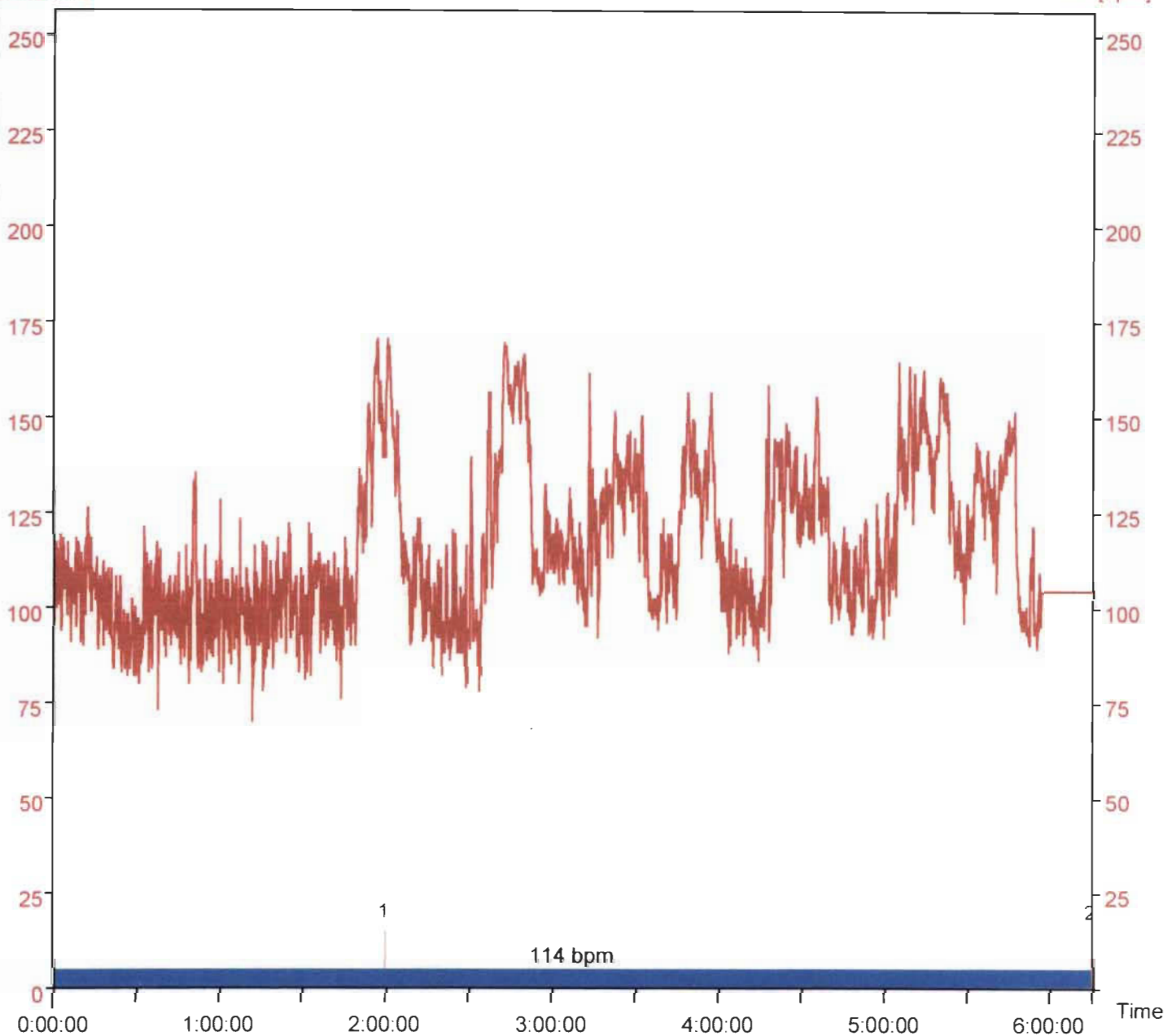
Commentaires:

(fumeur, malaise, maladie)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

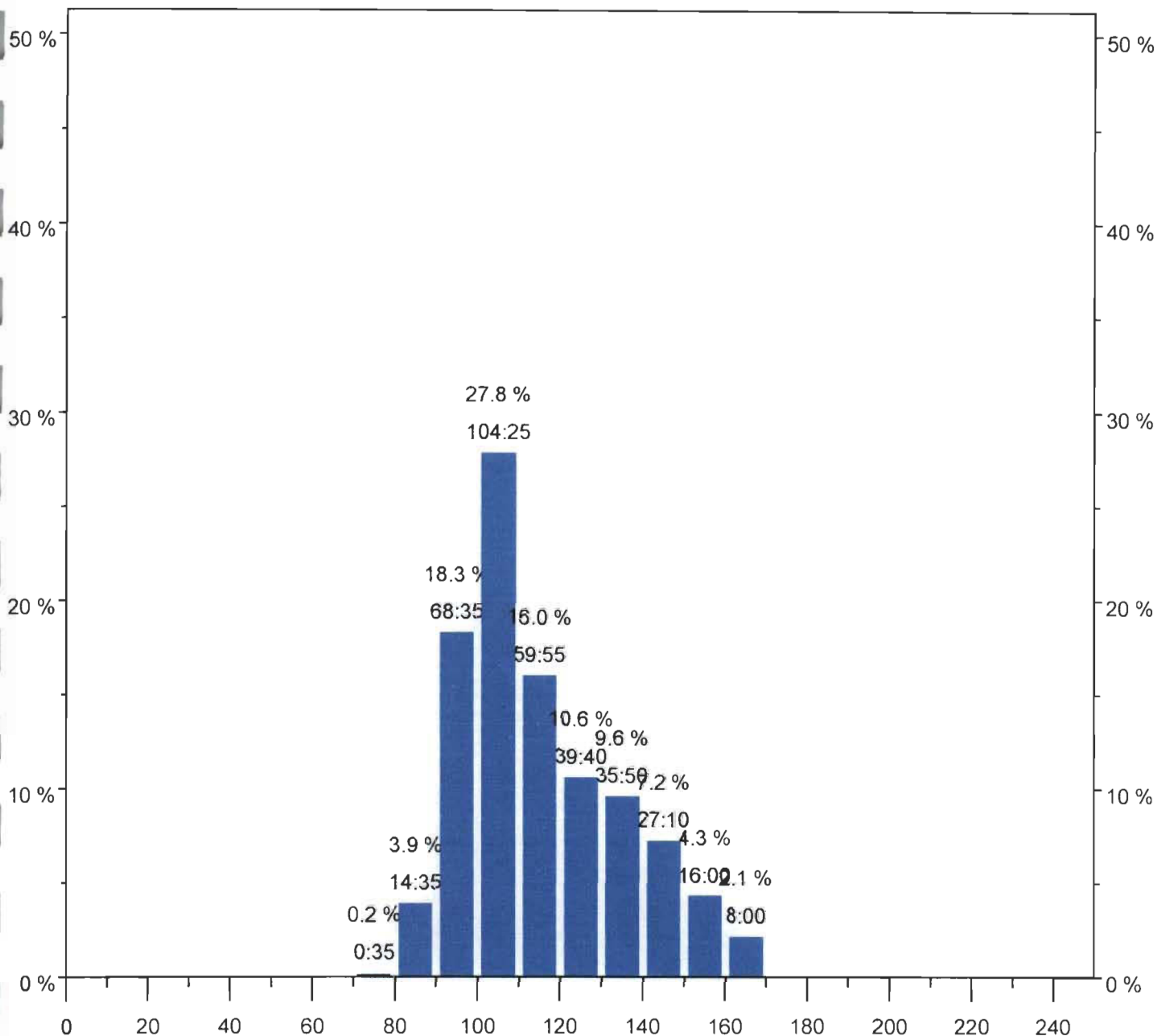


Time: 0:00:00

HR: 101 bpm

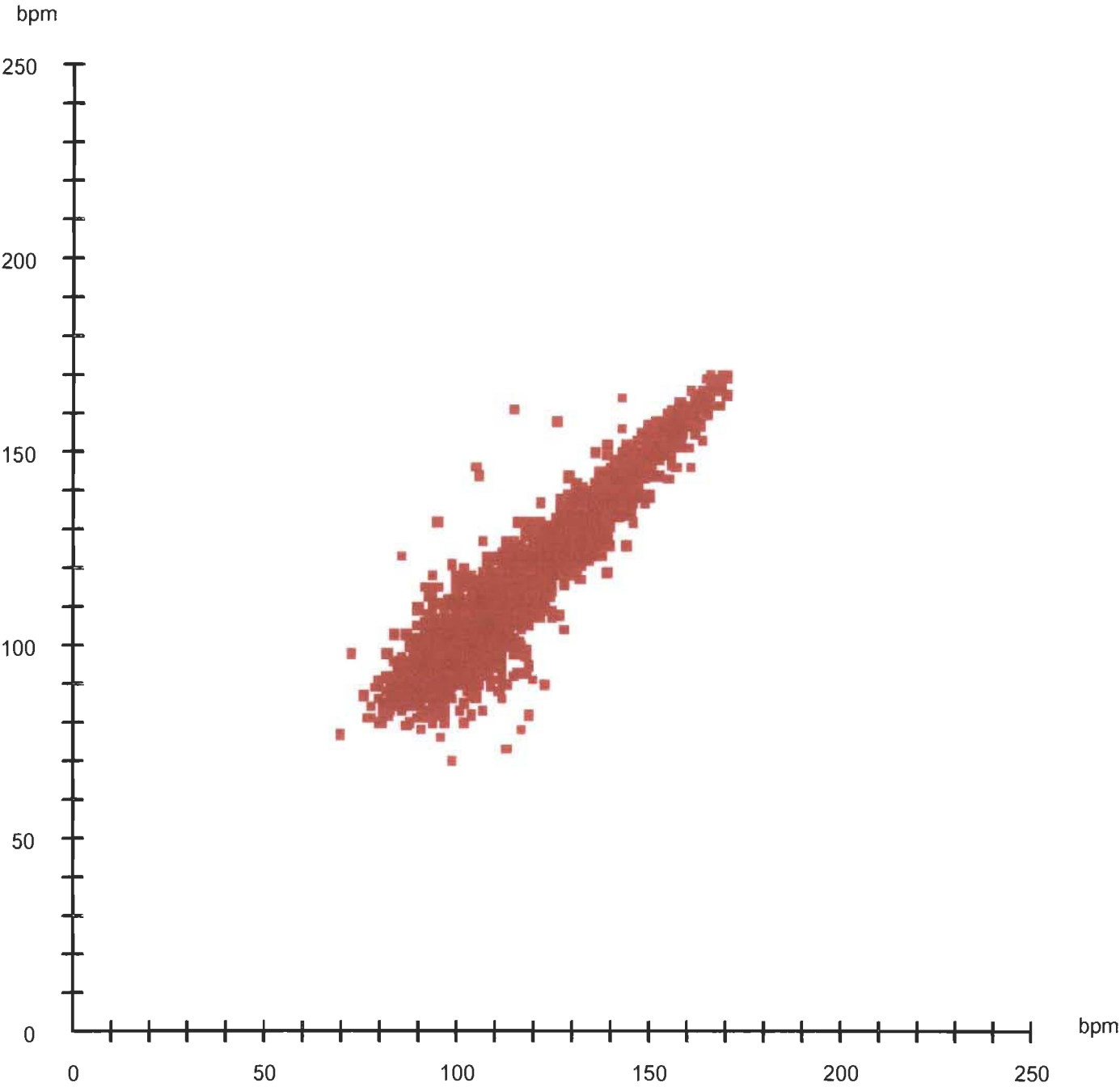
Person	Sujet 3	Date	6/21/03	Heart rate	114 / 170	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	1:04:58 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	6:15:04.1			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 6:15:00 (6:15:00.0)		

Distribution



Person	Sujet 3	Date	6/21/03	Heart rate	114 / 170	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	1:04:58 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	6:15:04.1			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 6:15:00 (6:15:00.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 3	Date	6/21/03
Exercise		Time	1:04:58 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 6:15:00 (6:15:00.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 6

DATE:23 juin 2003

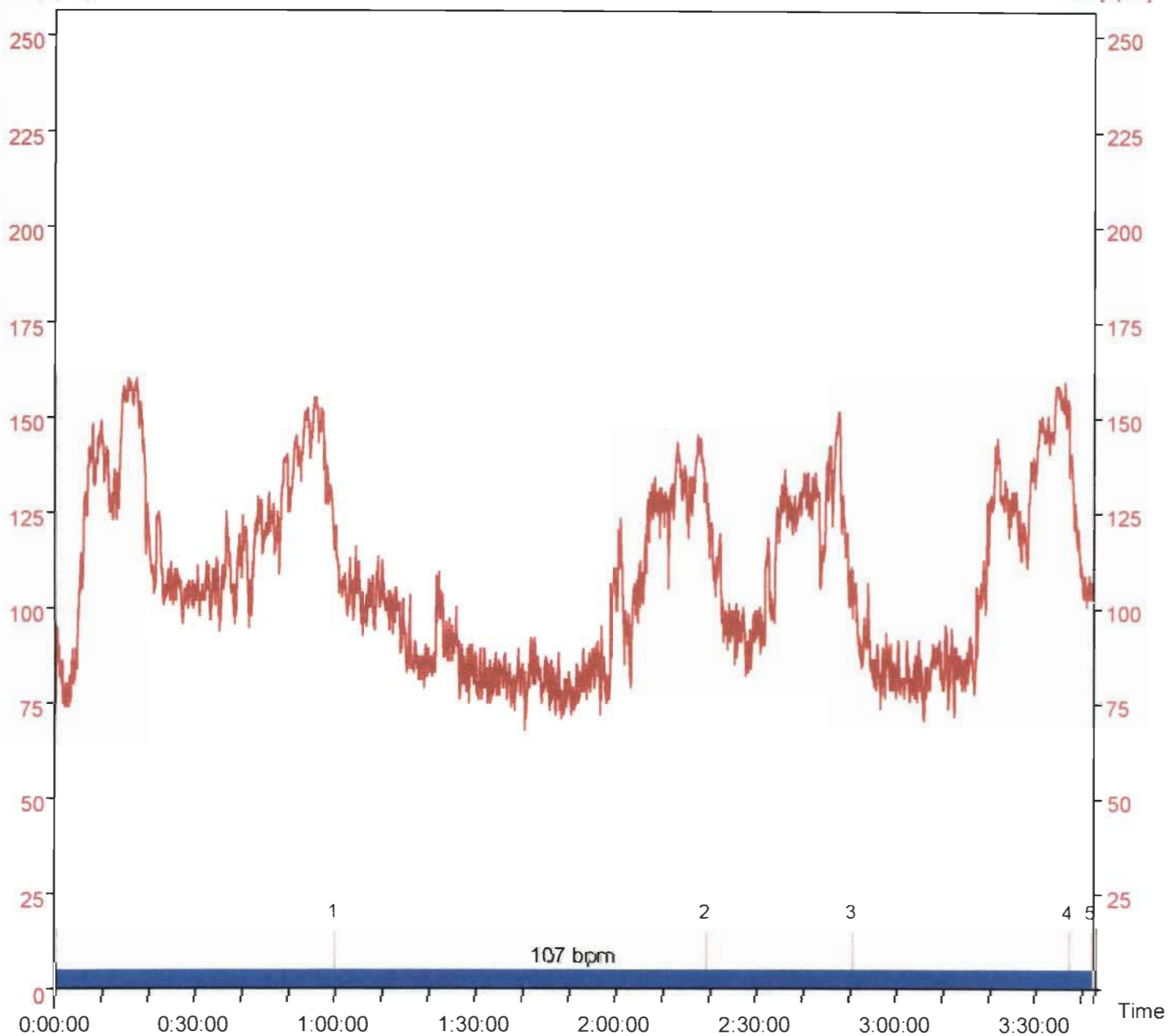
Tâche / Pause	Heure	FC brouha					
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC ther
Lançagede balles (in)	10h40						
Pause (in)	10h52						
Lançage de balles (in)	11h12						
Pause (in)	11h31	101	102	107	108	7	27.33
Pilage de balles (in)	12h36						
Pause (in)	12h54	111	99	94	120	9	25.33
Pilage de balles (in)	13h15						
Pause pour diner (in)	13h28	92	93	83	103	11	13.33
Pilage de balles (in)	13h53						
Pause (in)	14h09						
Pilage de balles (in)	14h31	95	92	90	102	7	16.33
Pause (in)	14h45						
Pilage de balles (in)	15h32	86	92	90	100	14	13.33
Pause (in)	15h42						
Pilage de balles (in)	15h56						
pause (in)	16h14						
Pilage de balles (in)	16h32						
Pause (in)	16h49						
Pilage de balles (in)	16h58						
Pause (in)	17h15	96	89	104	119	23	20.33
Pilage de balles (in)	17h32						
Pause (in)	17h51						
Pilage de balles (in)	18h06						
Pause	18h23	85	90	85	97	12	10.67
Lançage de balles (in)	18h38						
Arrêt	19h00						

Commentaires:Enlève T-Shirt aux pauses, Transpire beaucoup plus que les autres (saturé de sueur rapidement)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

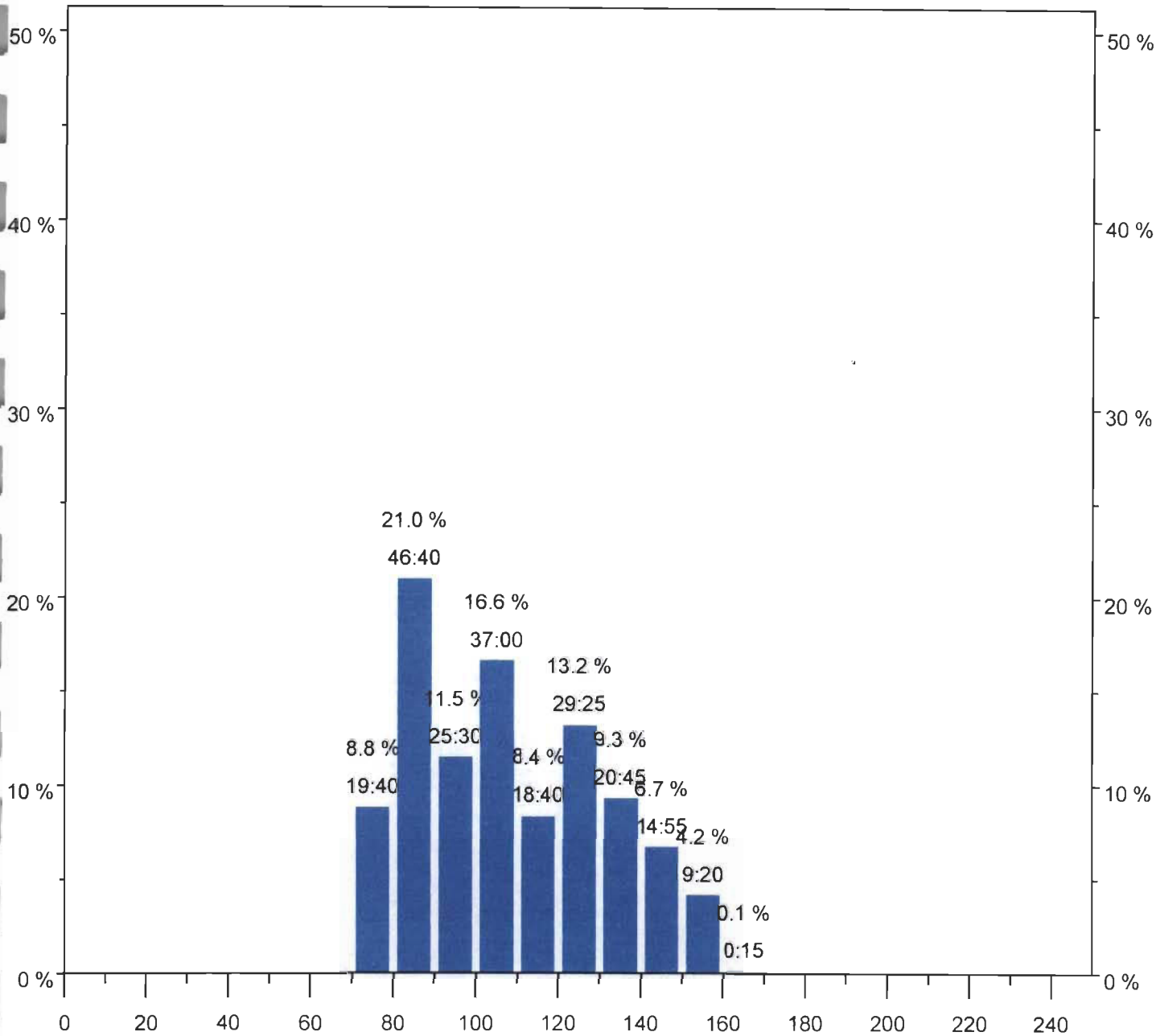


Time: 0:00:00

HR: 70 bpm

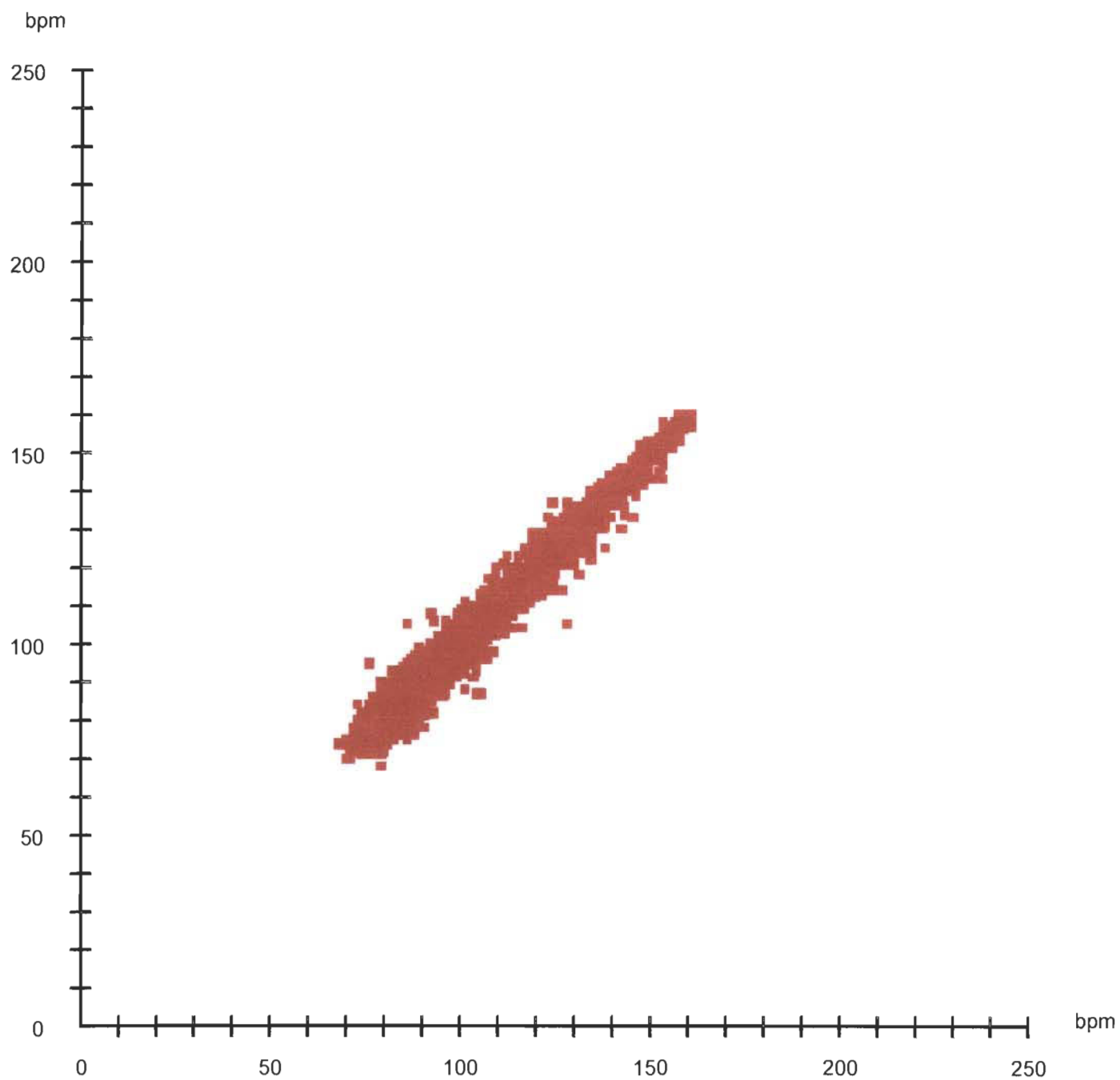
Person	Sujet 6	Date	6/23/03	Heart rate	107 / 160	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	10:31:51 AM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	3:42:15.0			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 3:42:10 (3:42:10.0)		

Distribution

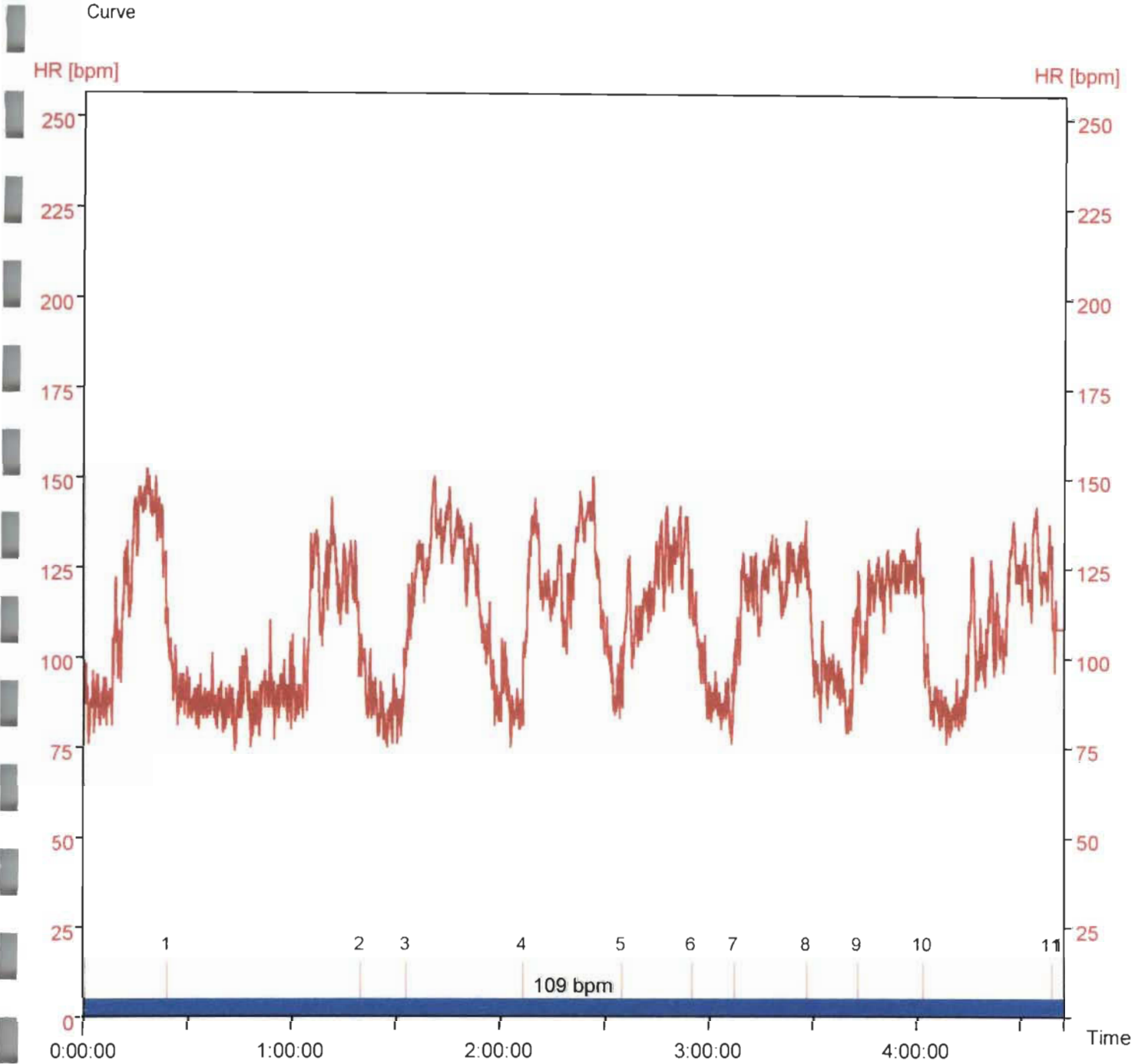


Person	Sujet 6	Date	6/23/03	Heart rate	107 / 160	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	10:31:51 AM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	3:42:15.0			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 3:42:10 (3:42:10.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 6	Date	6/23/03
Exercise		Time	10:31:51 AM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 3:42:10 (3:42:10.0)	SD 2	0.0 ms

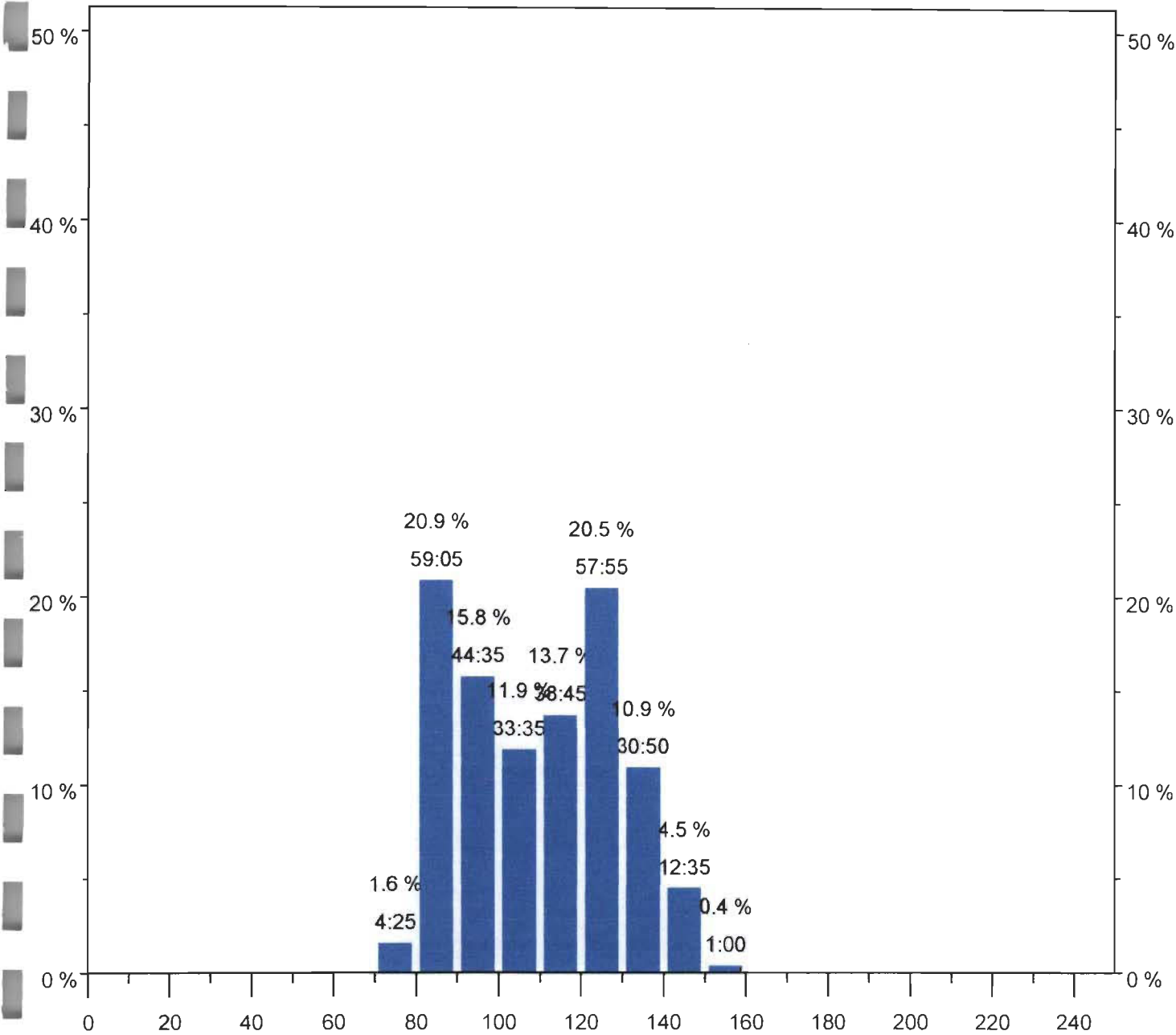


Time: 0:00:00

HR: 93 bpm

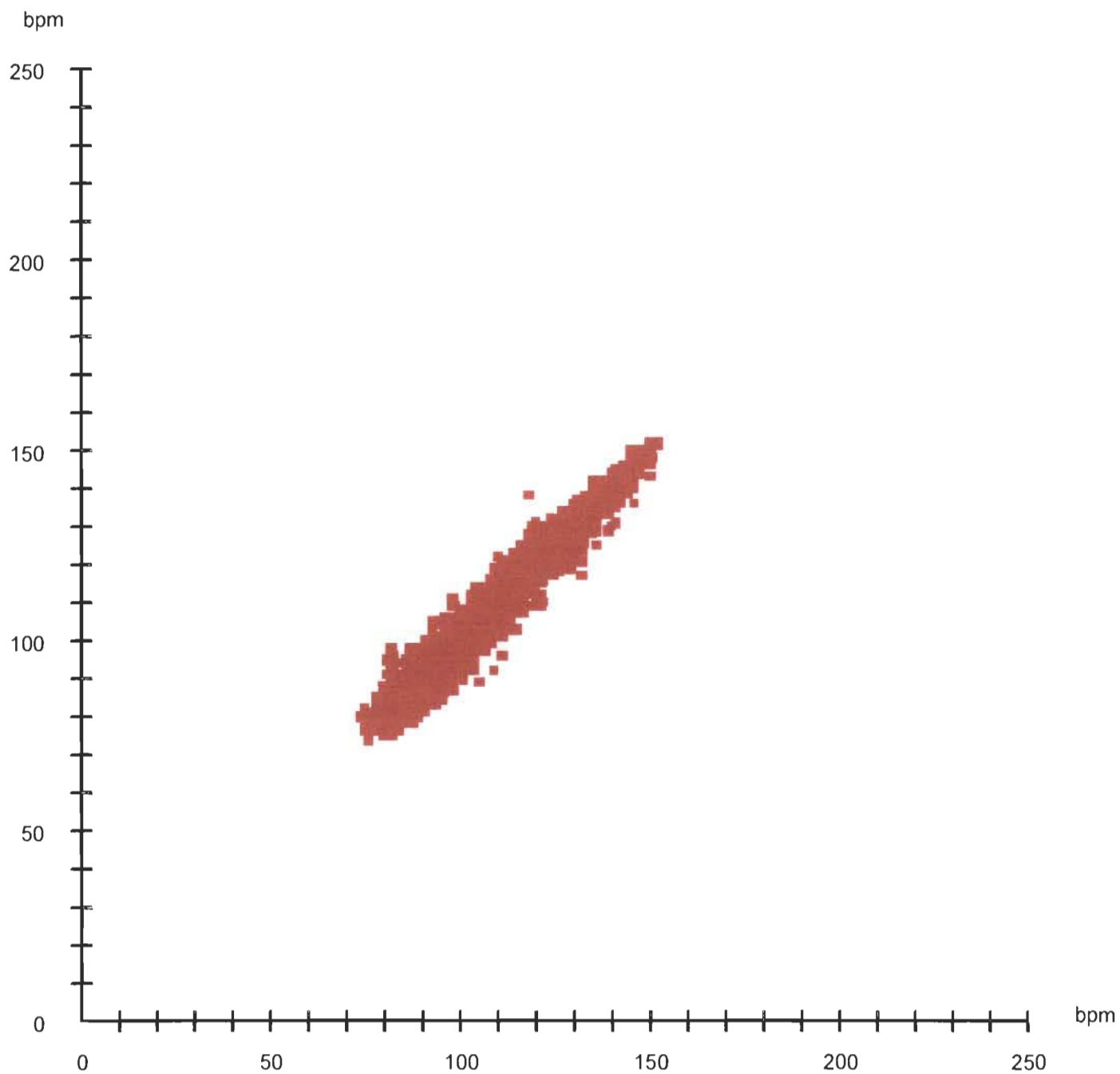
Person	Sujet 6	Date	6/23/03	Heart rate	109 / 152	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	2:21:25 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	4:42:41.4			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 4:42:40 (4:42:40.0)		

Distribution



Person	Sujet 6	Date	6/23/03	Heart rate	109 / 152	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	2:21:25 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Course à pied	Duration	4:42:41.4			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 4:42:40 (4:42:40.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 6	Date	6/23/03
Exercise		Time	2:21:25 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 4:42:40 (4:42:40.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 7

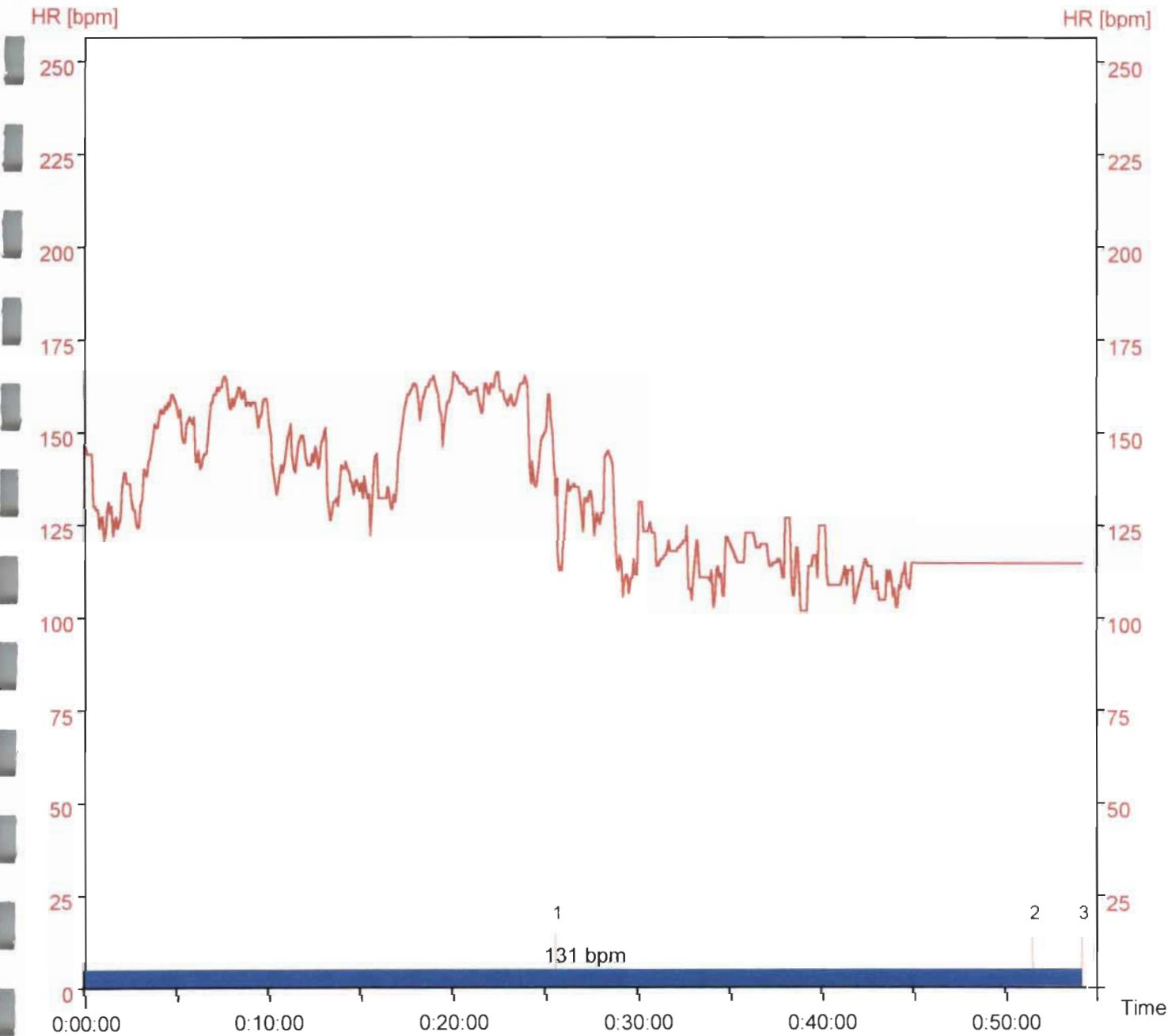
DATE:14 août 2003

Tâche / Pause	Heure	FC brouha					FC therm
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	
pile in	13h45						
pause	14h11						
charge out	14h33						
pause	15h00	141.17	110.17	125.67	134.83	-6.33	41.67
charge out	15h09						
pause	15h51						
charge out	16h09						
pause	16h25						
déboule out	16h44						
pause	16h55						
pile in	16h57						
pause	17h09						
chage out	17h21						
pause	17h37						
pile in	18h03						
pause	18h24						
pile in	18h46						
fin de la journée	19h13						

Commentaires:

(fumeur, malaise, maladie)

Curve

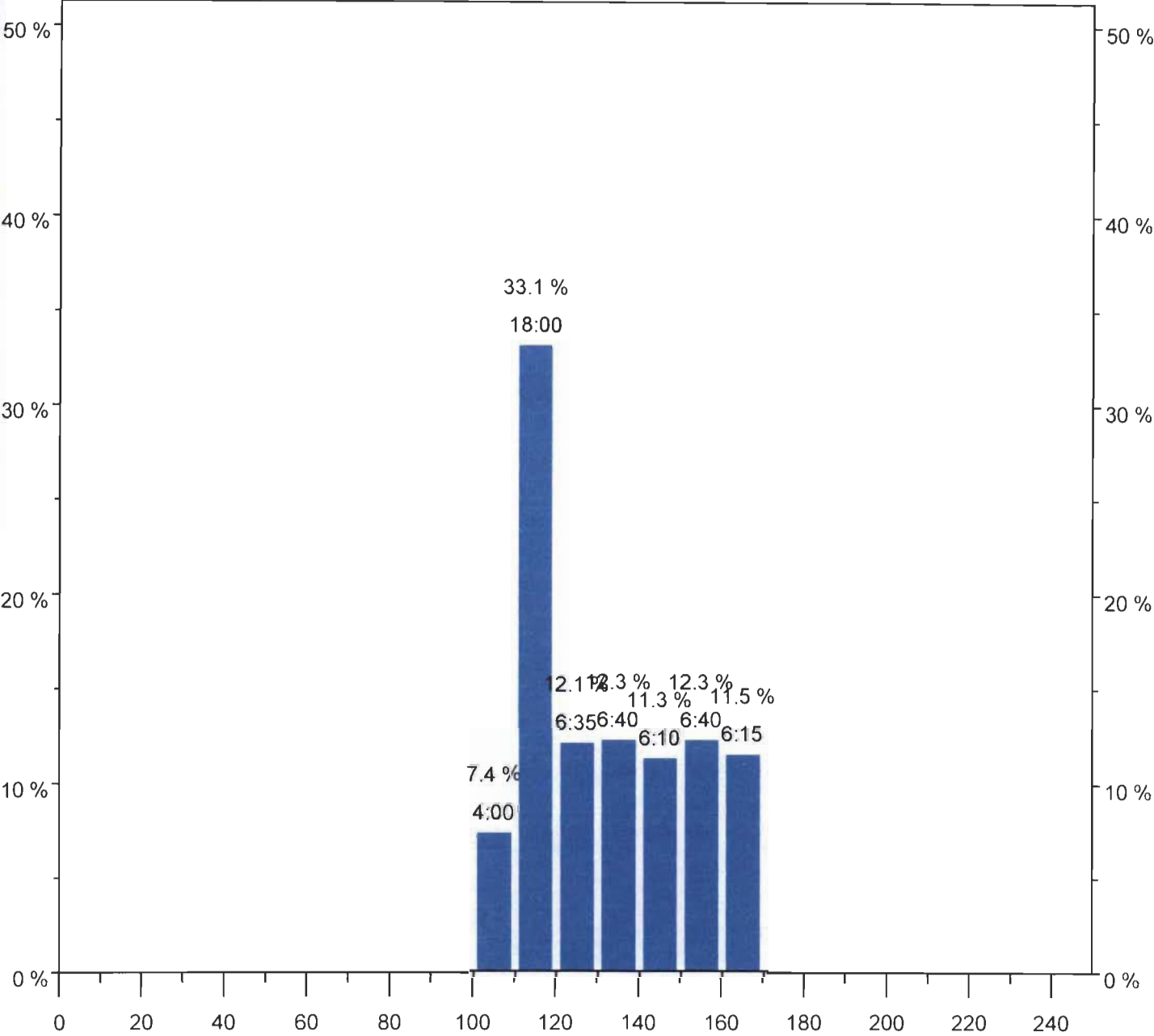


Time: 0:00:00

HR: 146 bpm

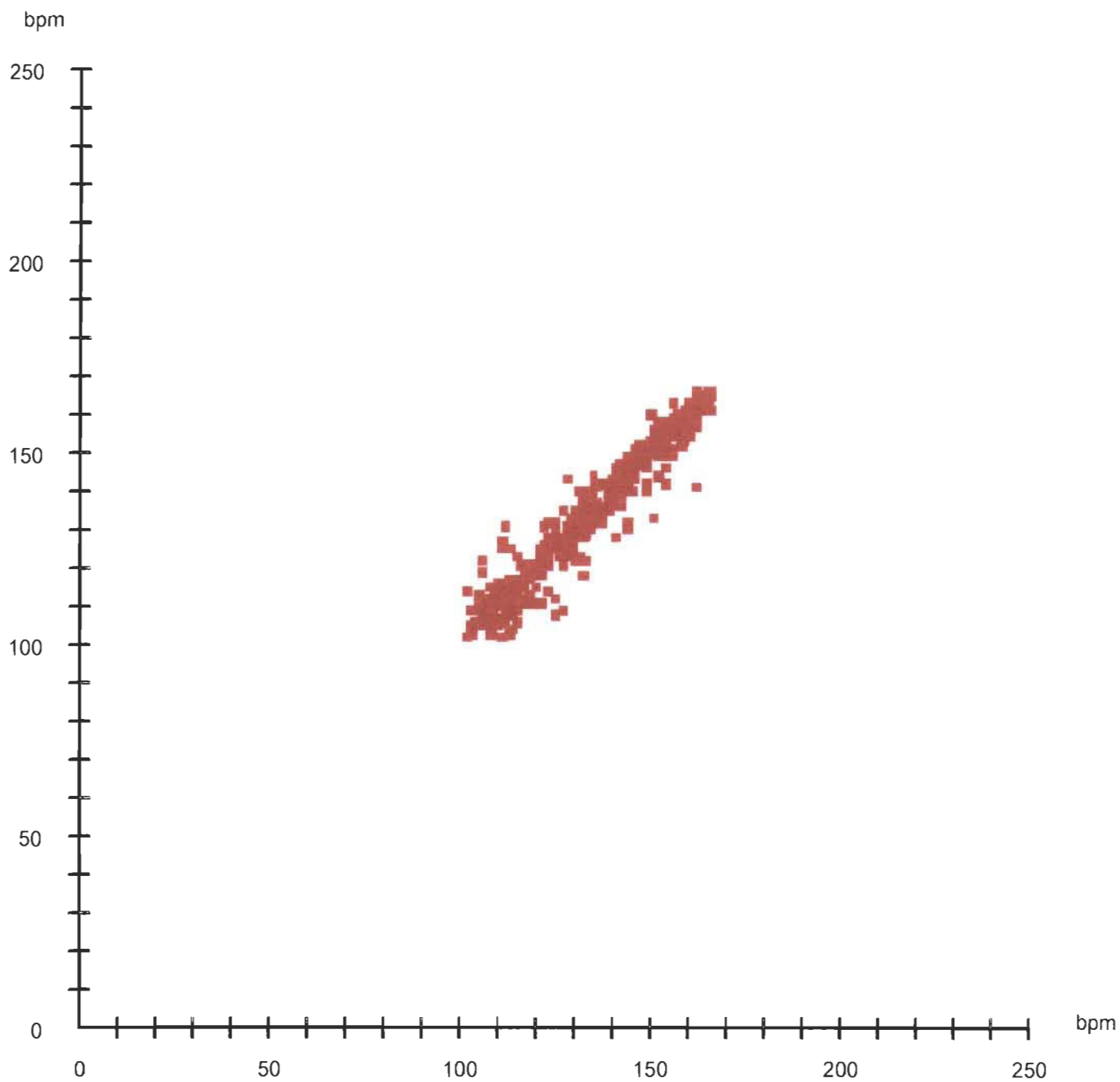
Person	Sujet 7	Date	8/14/03	Heart rate	131 / 166	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	6:48:04 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Running	Duration	0:54:16.2			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 0:54:15 (0:54:15.0)		

Distribution



Person	Sujet 7	Date	8/14/03	Heart rate	131 / 166	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	6:48:04 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Running	Duration	0:54:16.2			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 0:54:15 (0:54:15.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 7	Date	8/14/03
Exercise		Time	6:48:04 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 0:54:15 (0:54:15.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 7

DATE:15 août 2003

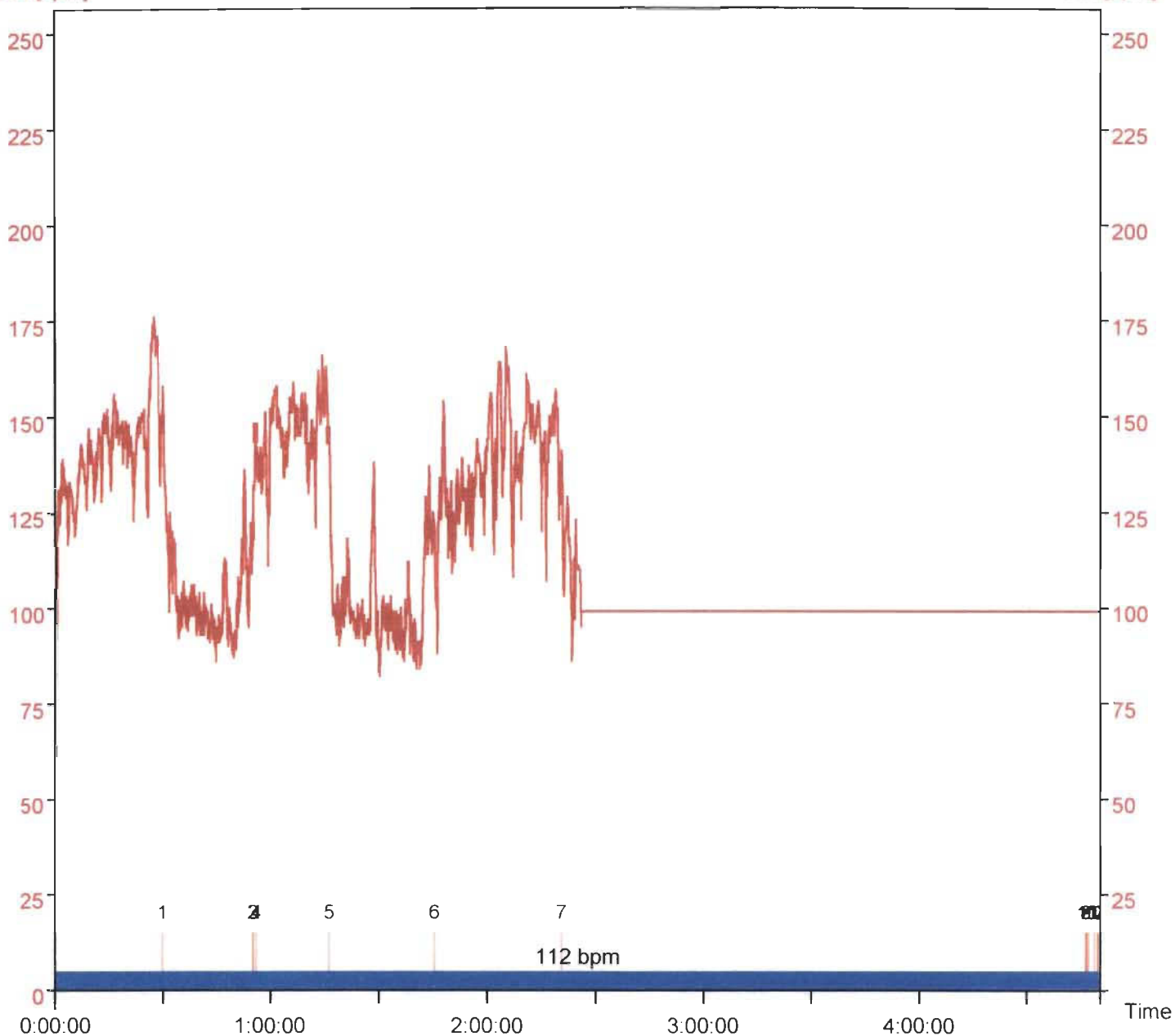
Tâche / Pause	Heure	FC brouha					FC therm
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	
Charge out	10h10						
pause	10h39	112.33	114	96.83	140.33	28	24.72
pile in	11h04						
pause	11h29	98.83	102.67	102.33	121.5	22.67	18.28
pile in	11h54						
pause	12h15	100	107.5	110.67	108.5	8.5	23.05
pile in	15h04						
pause	15h34						
pile in	16h06						
pause	16h48	103.17	98.67	96.83	115.83	12.67	16.56
pile in	17h18						
pause	18h10						
pile in	18h35						
fin de la journée	18h51	121.83	131	140.17	132	10.17	48

Commentaires: Fumeur (a fumé à 10h45 et 15h34)
(fumeur, malaise, maladie)

Curve

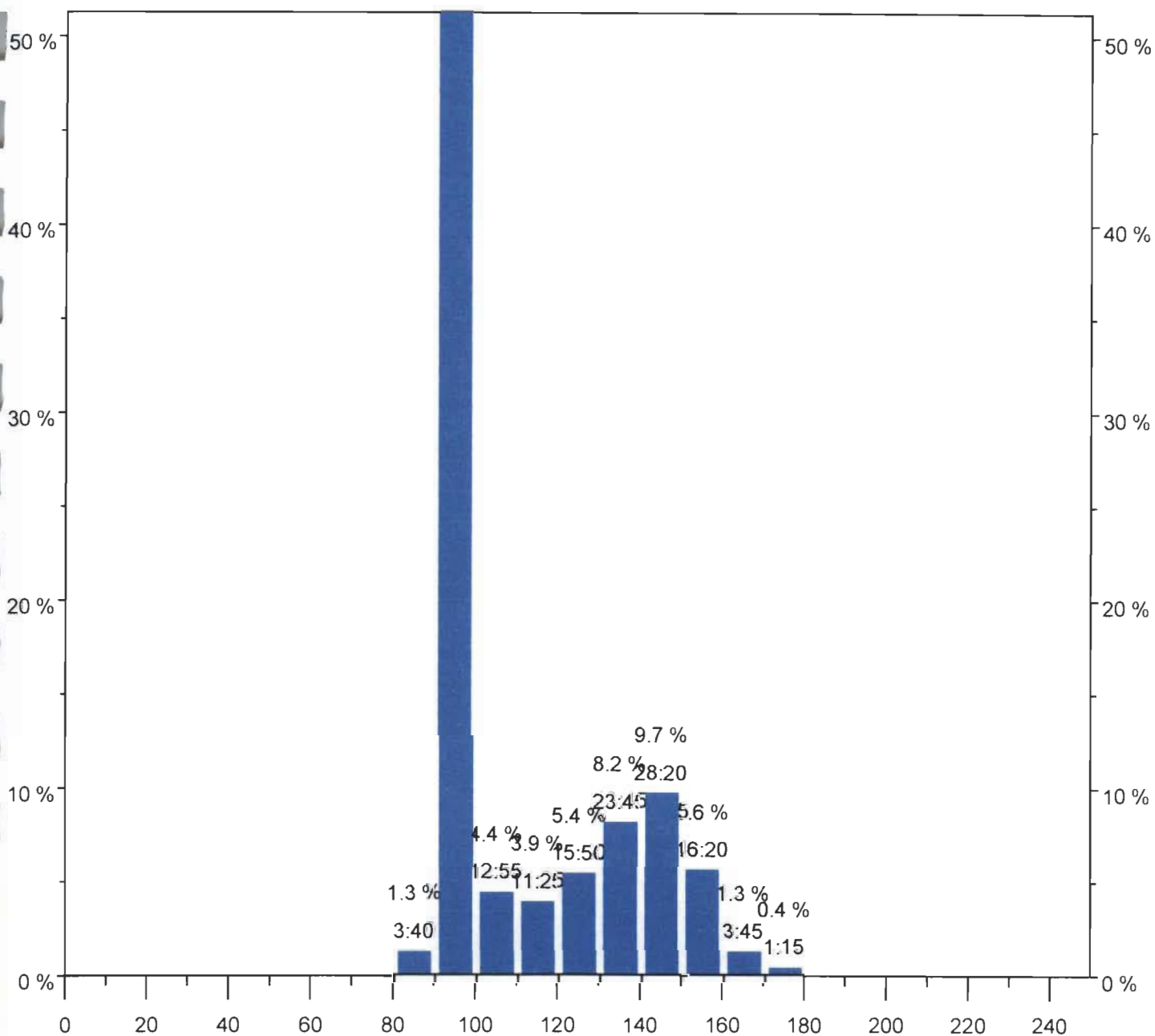
HR [bpm]

HR [bpm]



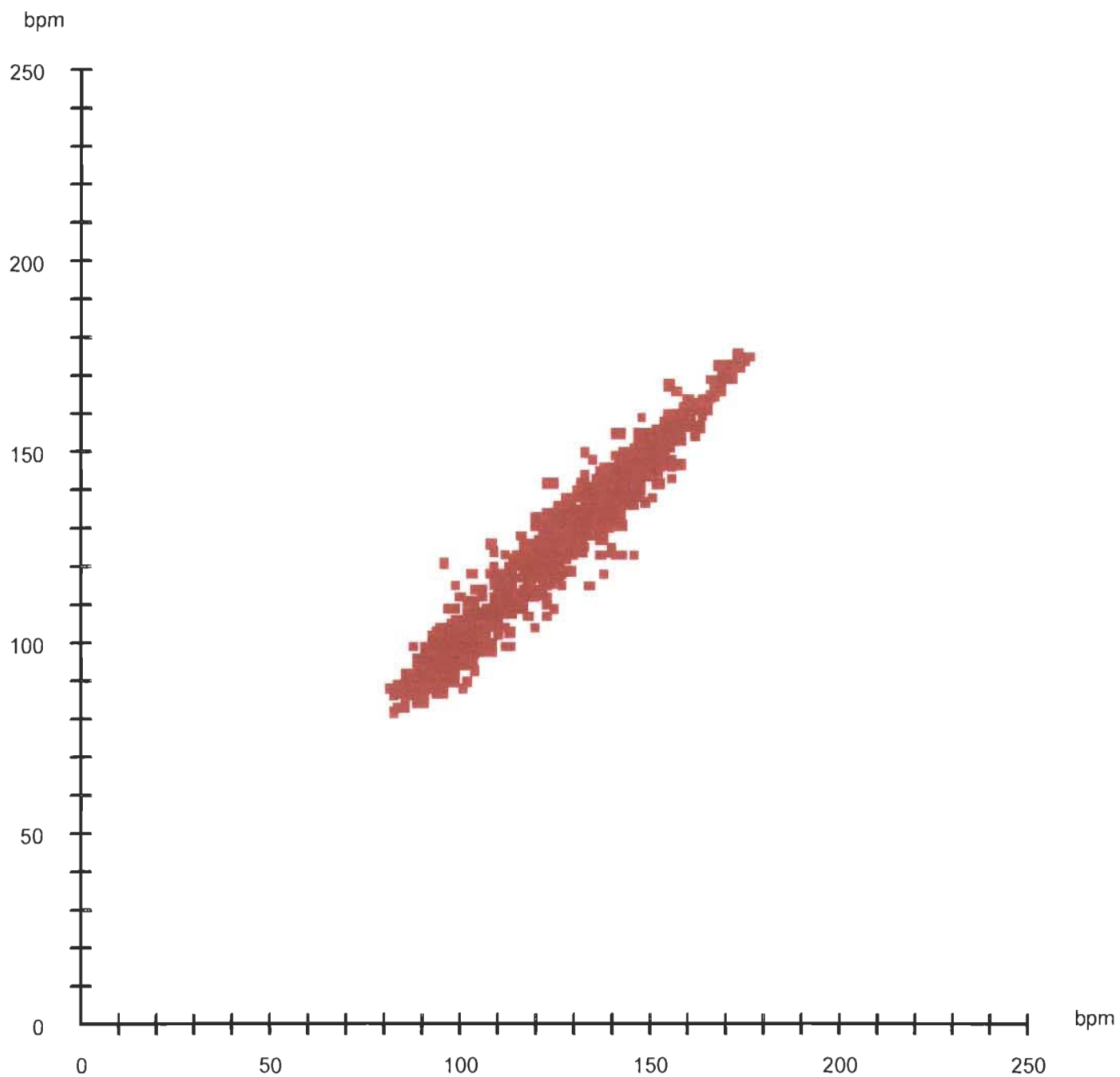
Person	Sujet 7	Date	8/15/03	Heart rate	112 / 176	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	10:09:16 AM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Running	Duration	4:50:36.0			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 4:50:35 (4:50:35.0)		

Distribution

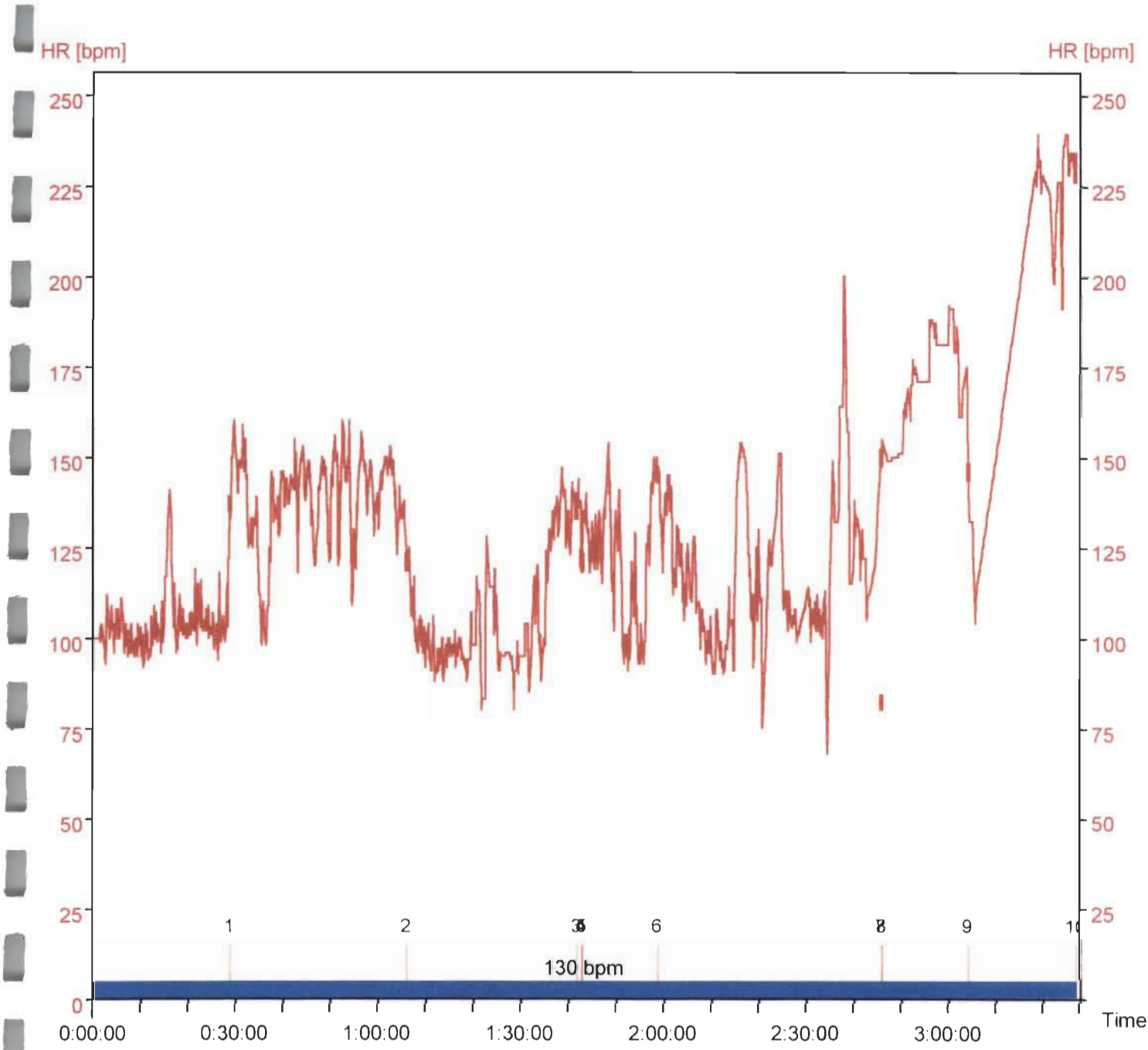


Person	Sujet 7	Date	8/15/03	Heart rate	112 / 176	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	10:09:16 AM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Running	Duration	4:50:36.0			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 4:50:35 (4:50:35.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 7	Date	8/15/03
Exercise		Time	10:09:16 AM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 4:50:35 (4:50:35.0)	SD 2	0.0 ms

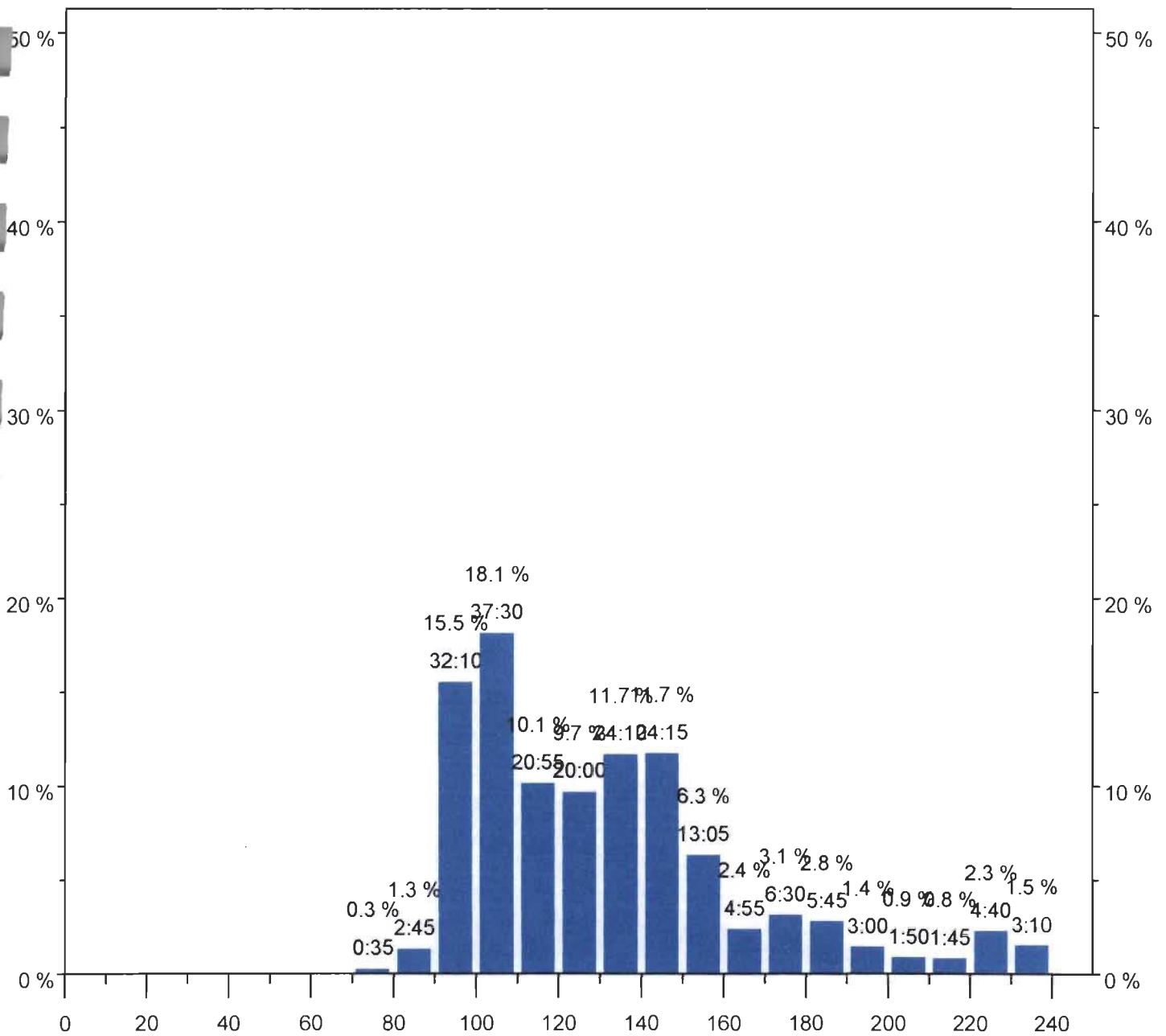


Time: 0:00:00

HR: 100 bpm

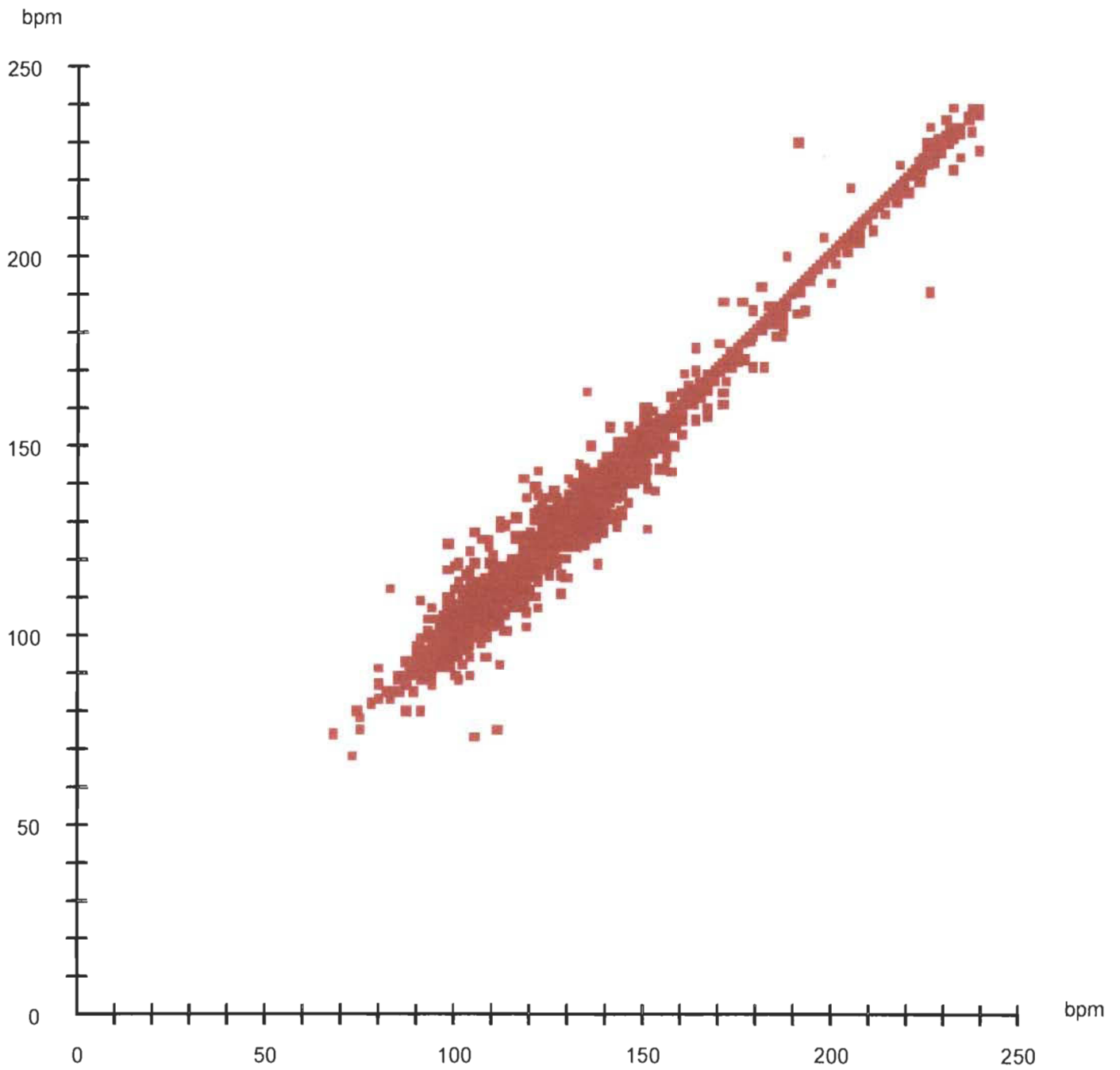
Person	Sujet 7	Date	8/15/03	Heart rate	130 / 239	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	3:42:56 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Running	Duration	3:27:01.0			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 3:27:00 (3:27:00.0)		

Distribution



Person	Sujet 7	Date	8/15/03	Heart rate	130 / 239	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	3:42:56 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Running	Duration	3:27:01.0			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 3:27:00 (3:27:00.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 7	Date	8/15/03
Exercise		Time	3:42:56 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 3:27:00 (3:27:00.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 7

DATE: 17 août 2003

		FC brouha					
Tâche / Pause	Heure	P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC thermique
Pile in	15h31						
pause	15h59						
pile in	16h03						
pause	16h10						
pile in	16h23						
pause	16h40						
pile in	16h49						
pause	17h02						
pile out	17h06						
Couvre une charge out	17h11						
Fin de la journée	17h24						

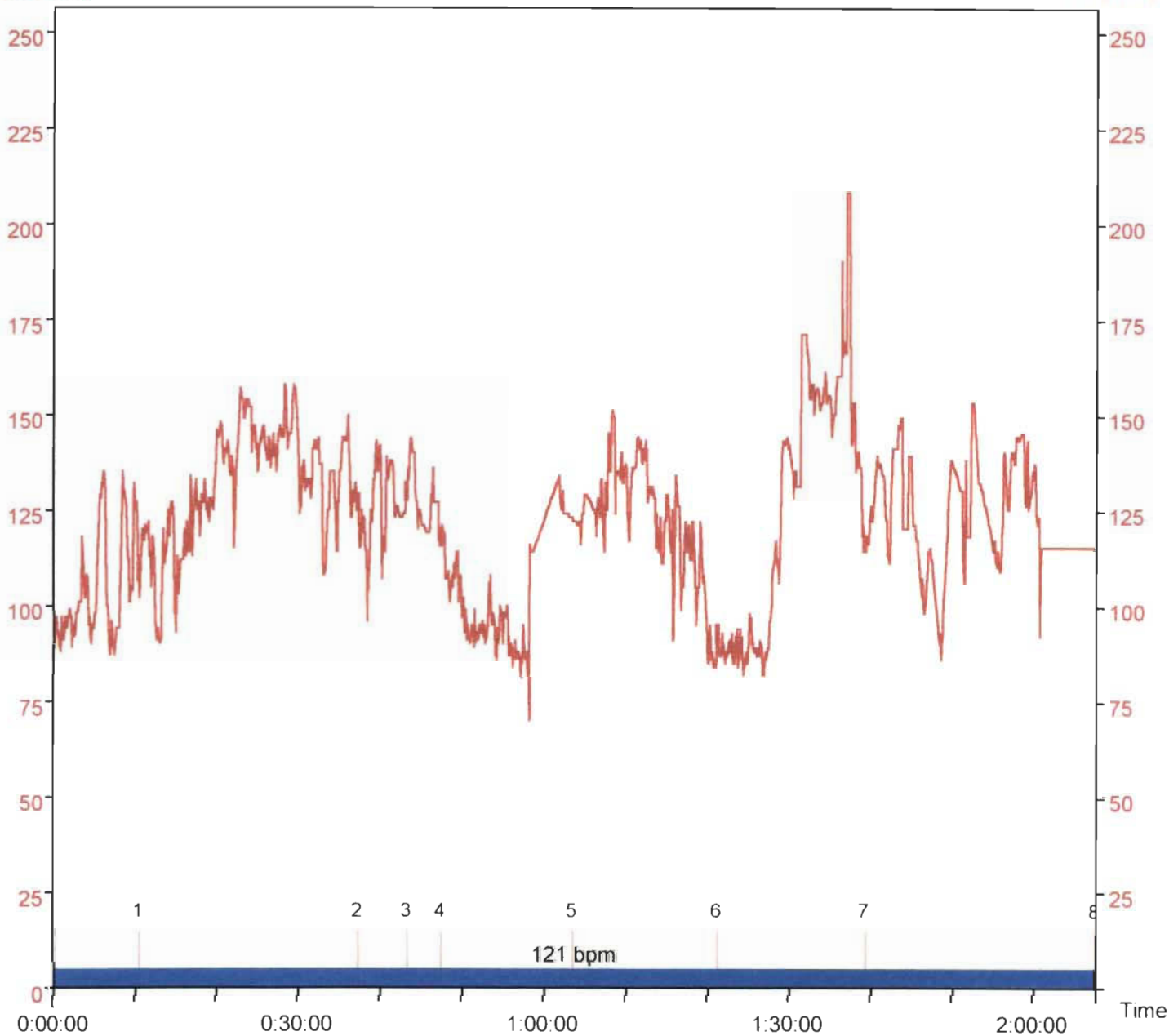
Commentaires:

(fumeur, malaise, maladie)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

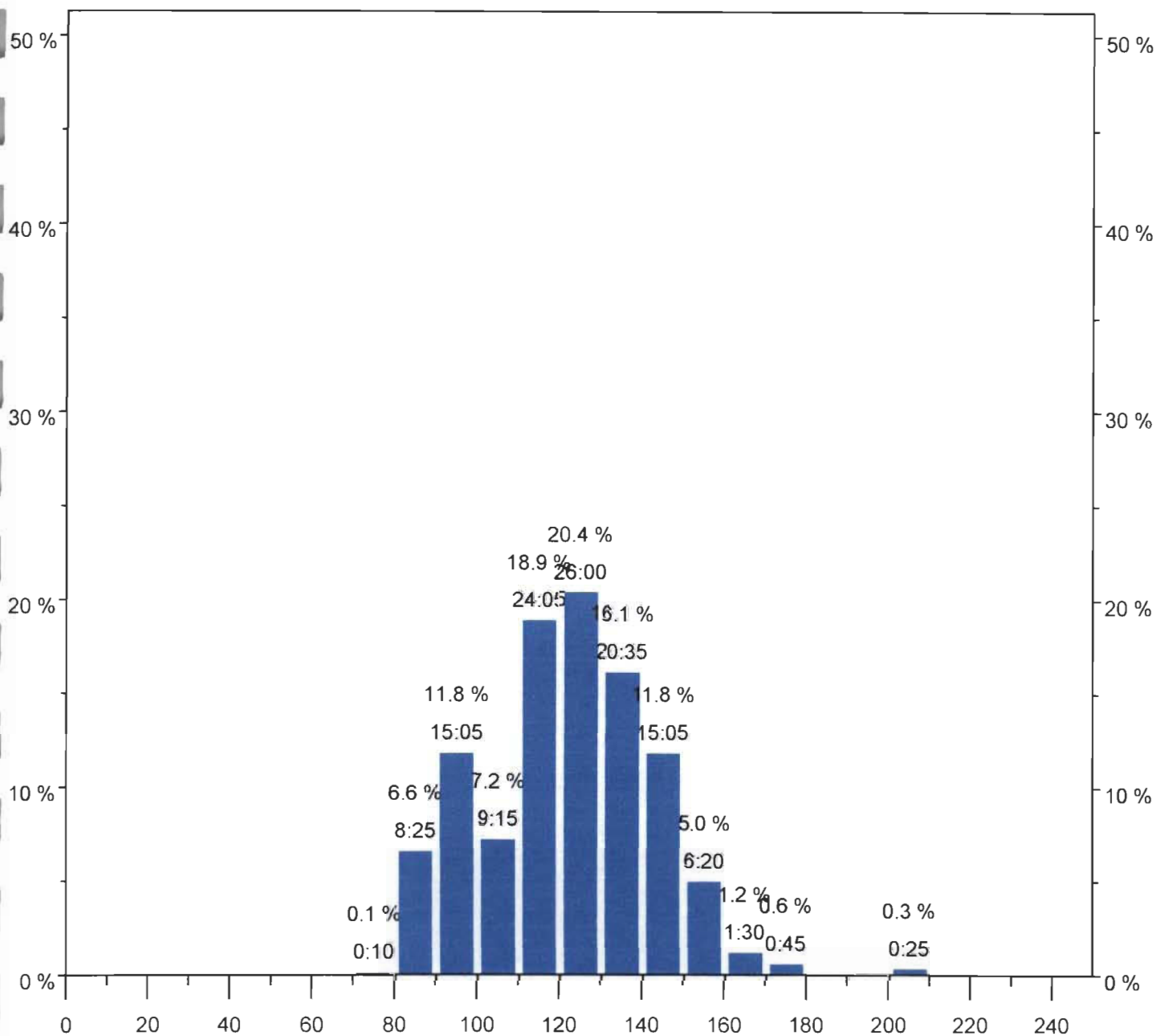


Time: 0:00:00

HR: 87 bpm

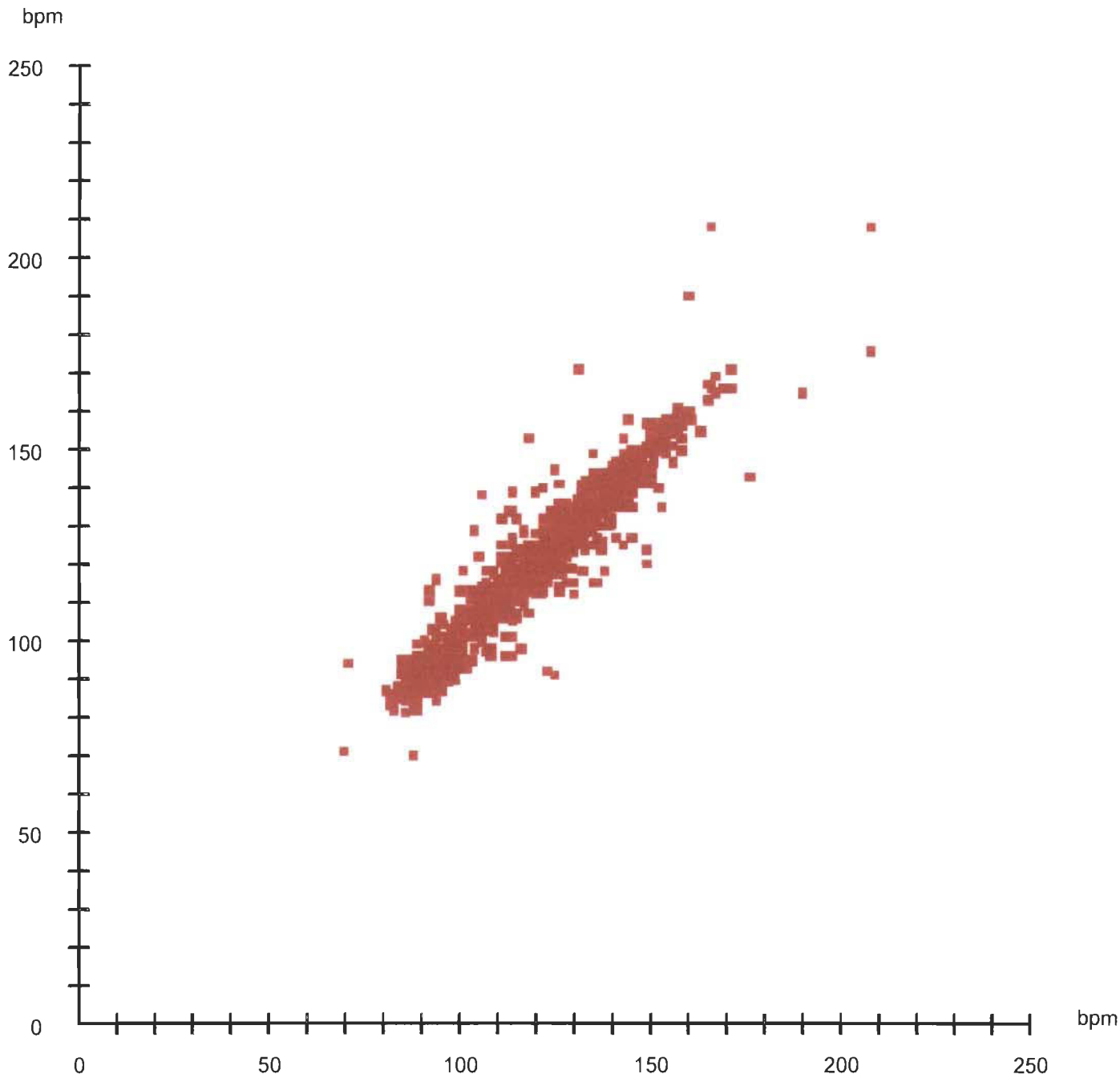
Person	Sujet 7	Date	8/17/03	Heart rate	121 / 208	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	3:20:38 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Running	Duration	2:07:40.1			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 2:07:40 (2:07:40.0)		

Distribution



Person	Sujet 7	Date	8/17/03	Heart rate	121 / 208	Limits 1	60 - 180
Exercise		Time	3:20:38 PM	Max. HR	180	Limits 2	80 - 160
Sport	Running	Duration	2:07:40.1			Limits 3	80 - 160
Note				Selection	0:00:00 - 2:07:40 (2:07:40.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 7	Date	8/17/03
Exercise		Time	3:20:38 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 2:07:40 (2:07:40.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 8

DATE:15 août 2003

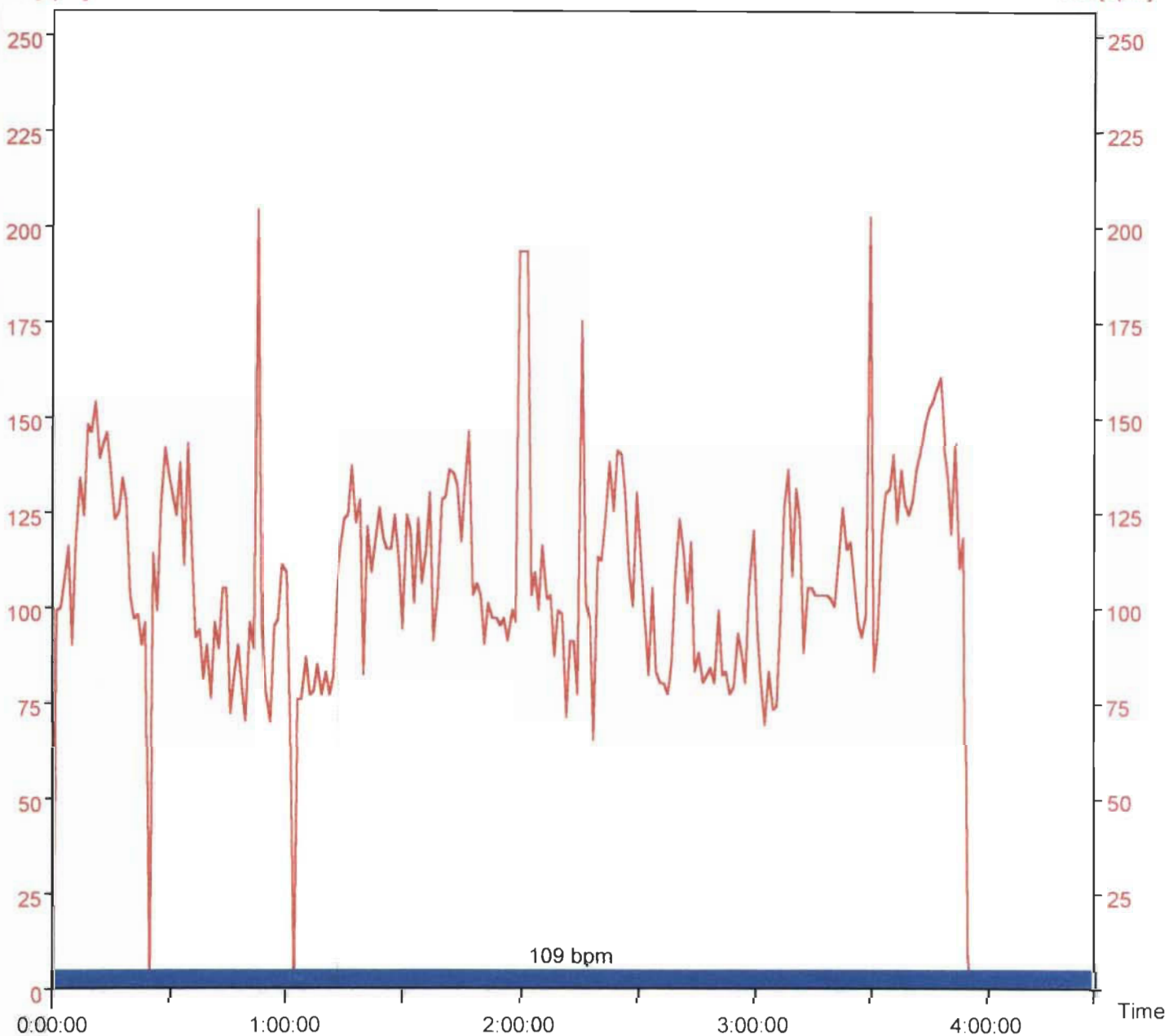
DATE:15 août 2003		FC brouha					
Tâche / Pause	Heure	P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC therm
Charge out	10h10						
pause	10h39						
pile in	11h04						
pause	11h29						
pile in	11h54						
pause	12h15						
pile in	15h04						
pause	15h34						
pile in	16h06						
pause	16h48						
pile in	17h18						
pause	18h10						
pile in	18h35						
fin de la journée	18h51						

Commentaires: Fumeur (a fumé à 10h45)
(fumeur, malaise, maladie)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

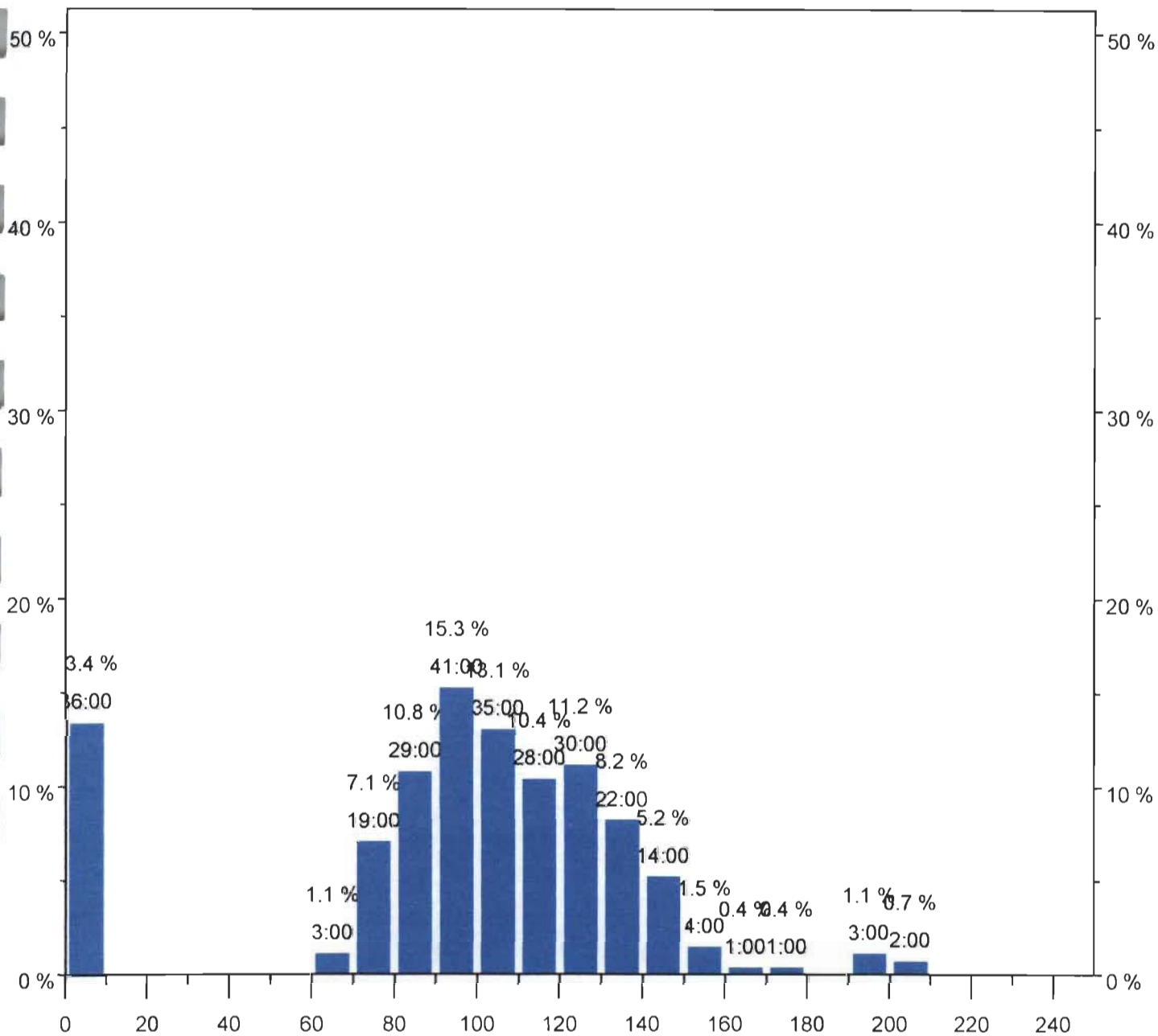


Time: 1:13:00

HR: 106 bpm

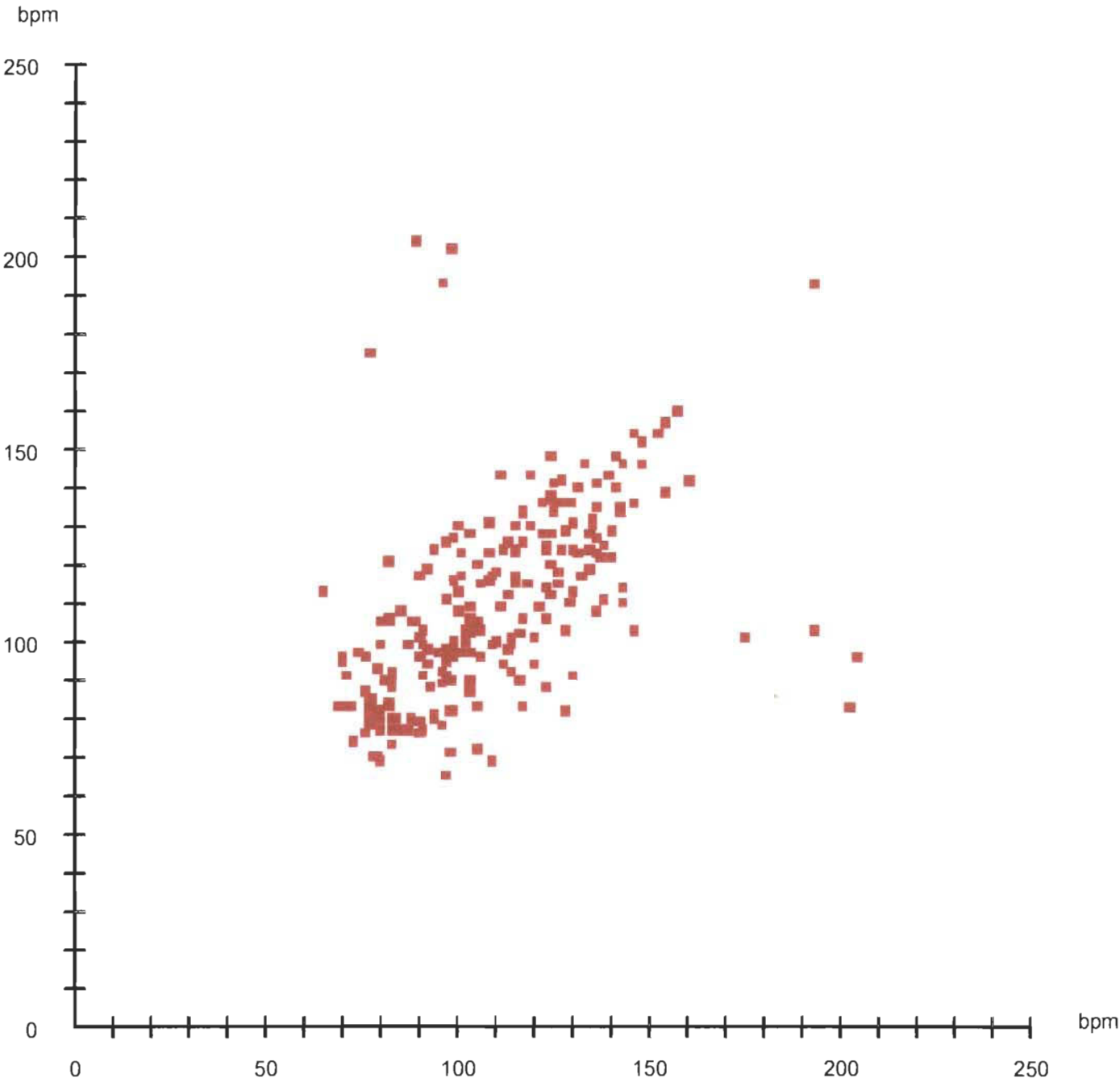
Person	Sujet 8	Date	8/15/03	Heart rate	109 / 204	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	1:58:02 PM	Max. HR	200	Limits 2	80 - 160
Sport	Running	Duration	4:27:58.8				
Note				Selection	0:00:00 - 4:27:00 (4:27:00.0)		

Distribution



Person	Sujet 8	Date	8/15/03	Heart rate	109 / 204	Limits 1	80 - 160
Exercise		Time	1:58:02 PM	Max. HR	200	Limits 2	80 - 160
Sport	Running	Duration	4:27:58.8				
Note				Selection	0:00:00 - 4:27:00 (4:27:00.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 8	Date	8/15/03
Exercise		Time	1:58:02 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 4:27:00 (4:27:00.0)	SD 2	0.0 ms

Sujet 9

DATE:15 août 2003

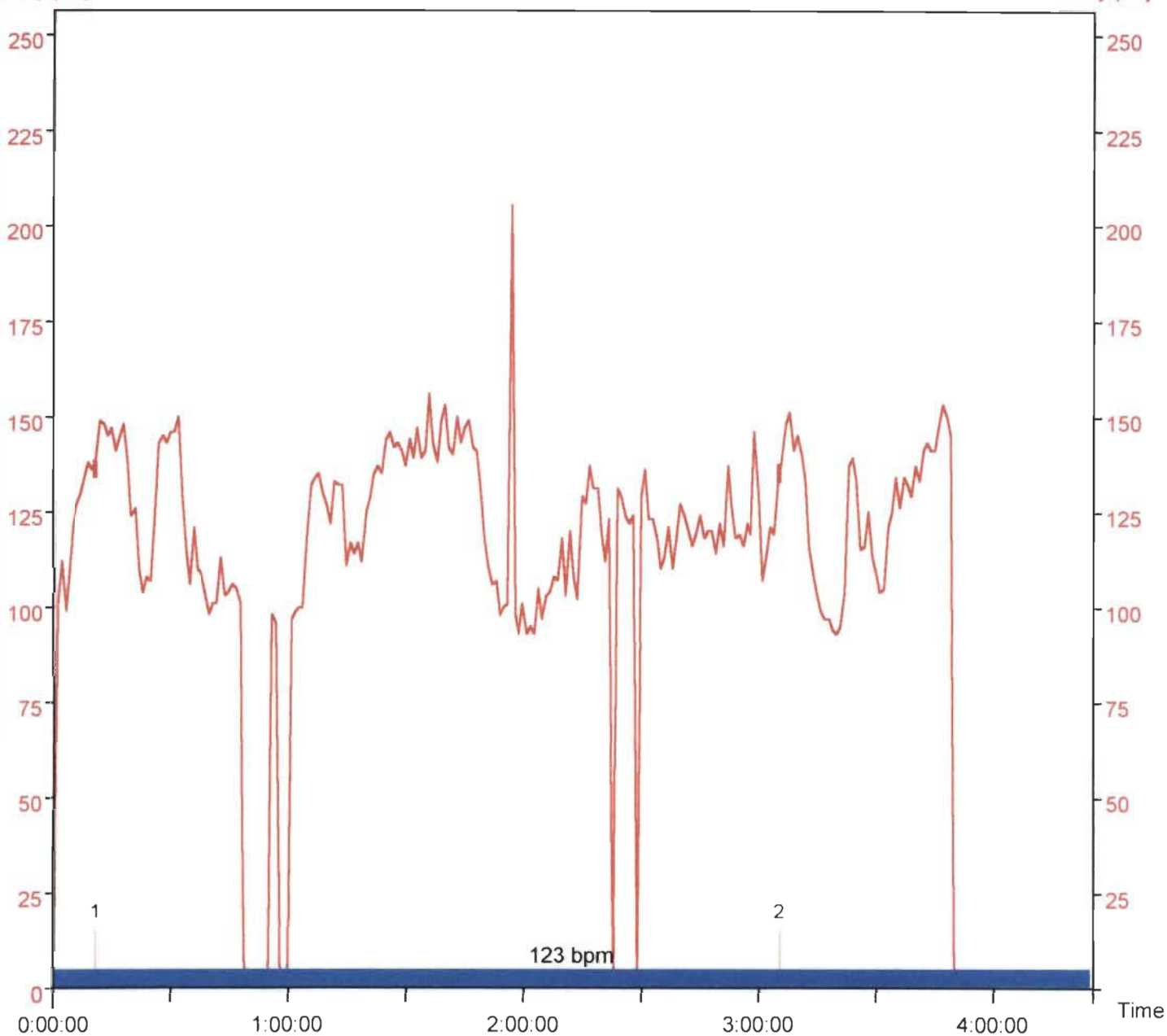
Tâche / Pause	Heure	FC brouha					
		P3	P4	P5	P1	P1-P3	FC thermique
pile in	10h10						
pause	10h39						
Charge out	11h04						
pause	11h29						
charge out	11h54						
pause	12h15						
Charge out	15h04						
pause	15h34						
Charge out	16h06						
pause	16h48						
Charge out	17h18						
pause	18h10						
pile in	18h35						
fin de la journée	18h51						

Commentaires: Fumeur (a fumé à 10h45 et 15h34)
(fumeur, malaise, maladie)

Curve

HR [bpm]

HR [bpm]

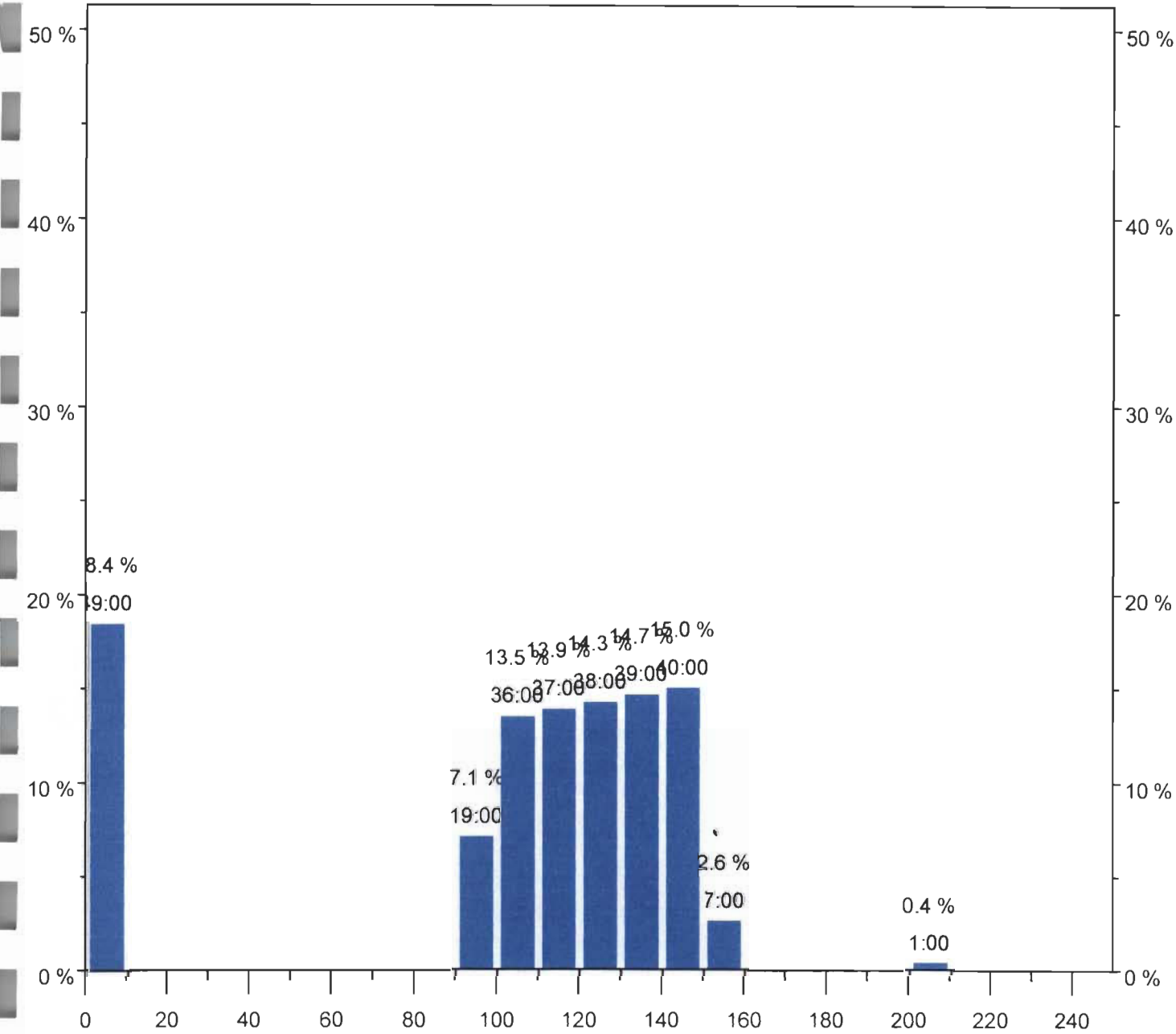


Time: 0:00:00

HR: 0 bpm

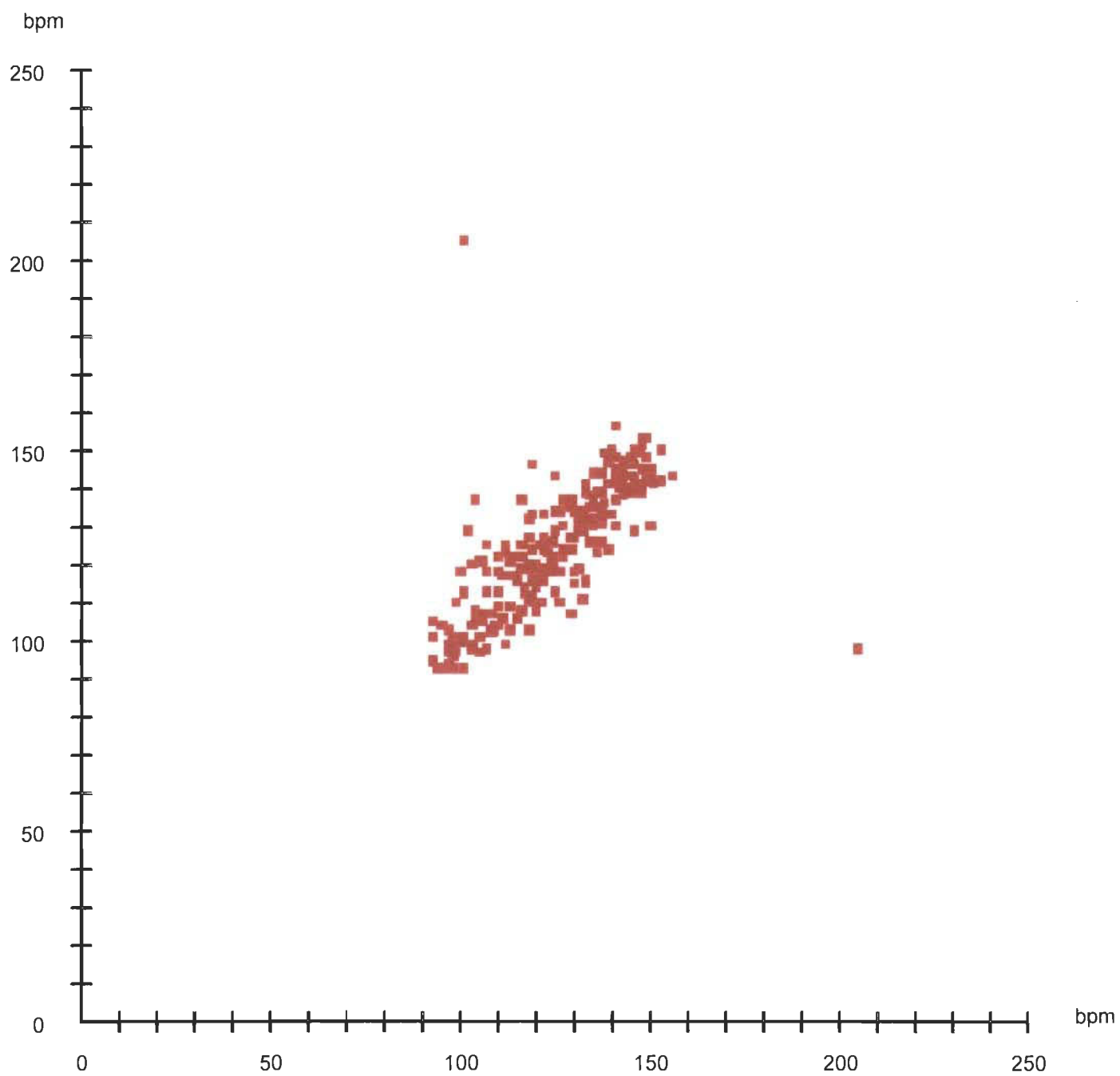
Person	Sujet 9	Date	8/15/03	Heart rate	123 / 205	Limits 1	55 - 200
Exercise		Time	3:01:16 PM	Max. HR	200	Limits 2	55 - 200
Sport	Running	Duration	4:25:43.7				
Note				Selection	0:00:00 - 4:25:00 (4:25:00.0)		

Distribution

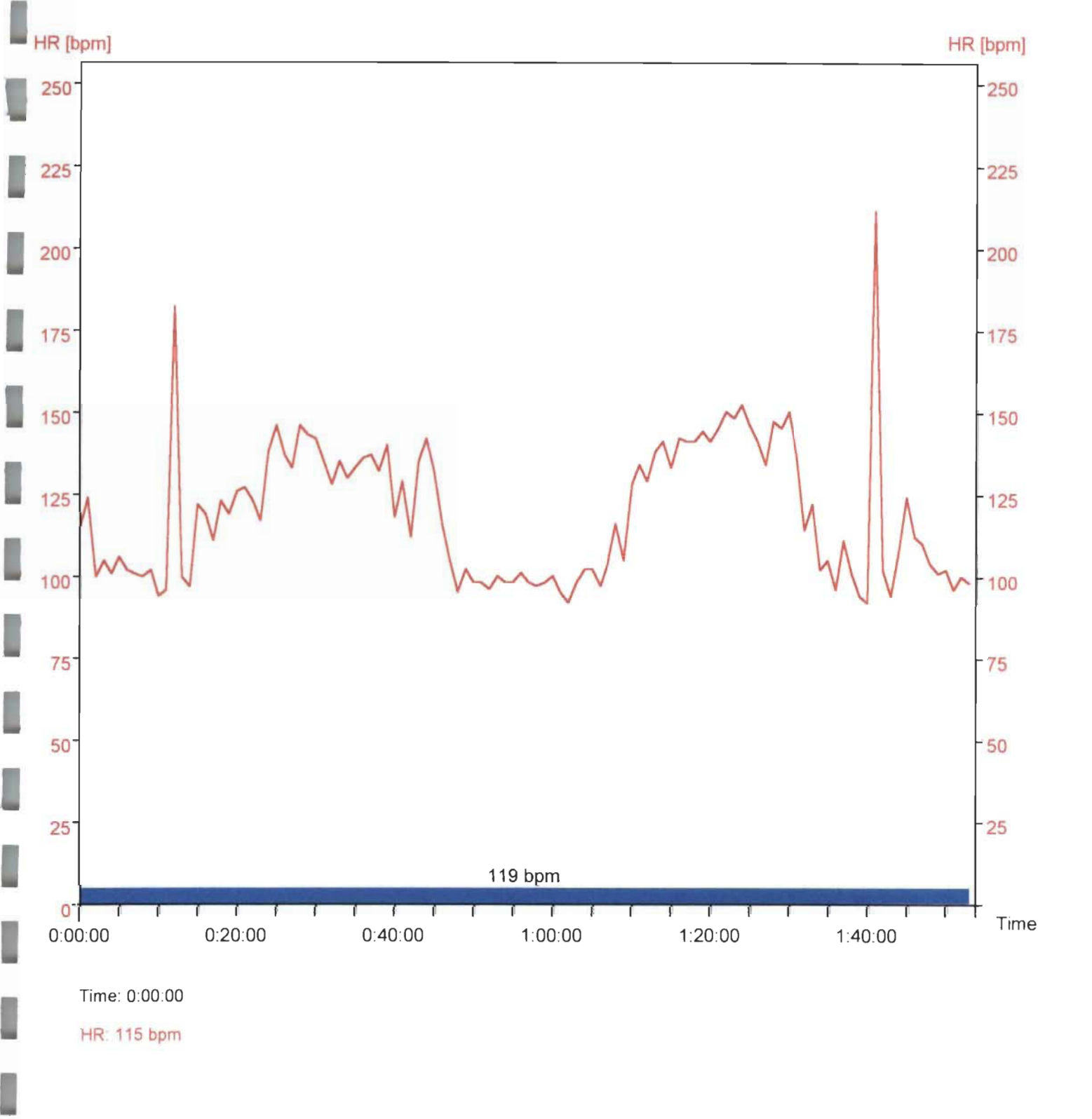


Person	Sujet 9	Date	8/15/03	Heart rate	123 / 205	Limits 1	55 - 200
Exercise		Time	3:01:16 PM	Max. HR	200	Limits 2	55 - 200
Sport	Running	Duration	4:25:43.7				
Note				Selection	0:00:00 - 4:25:00 (4:25:00.0)		

Scatterogram

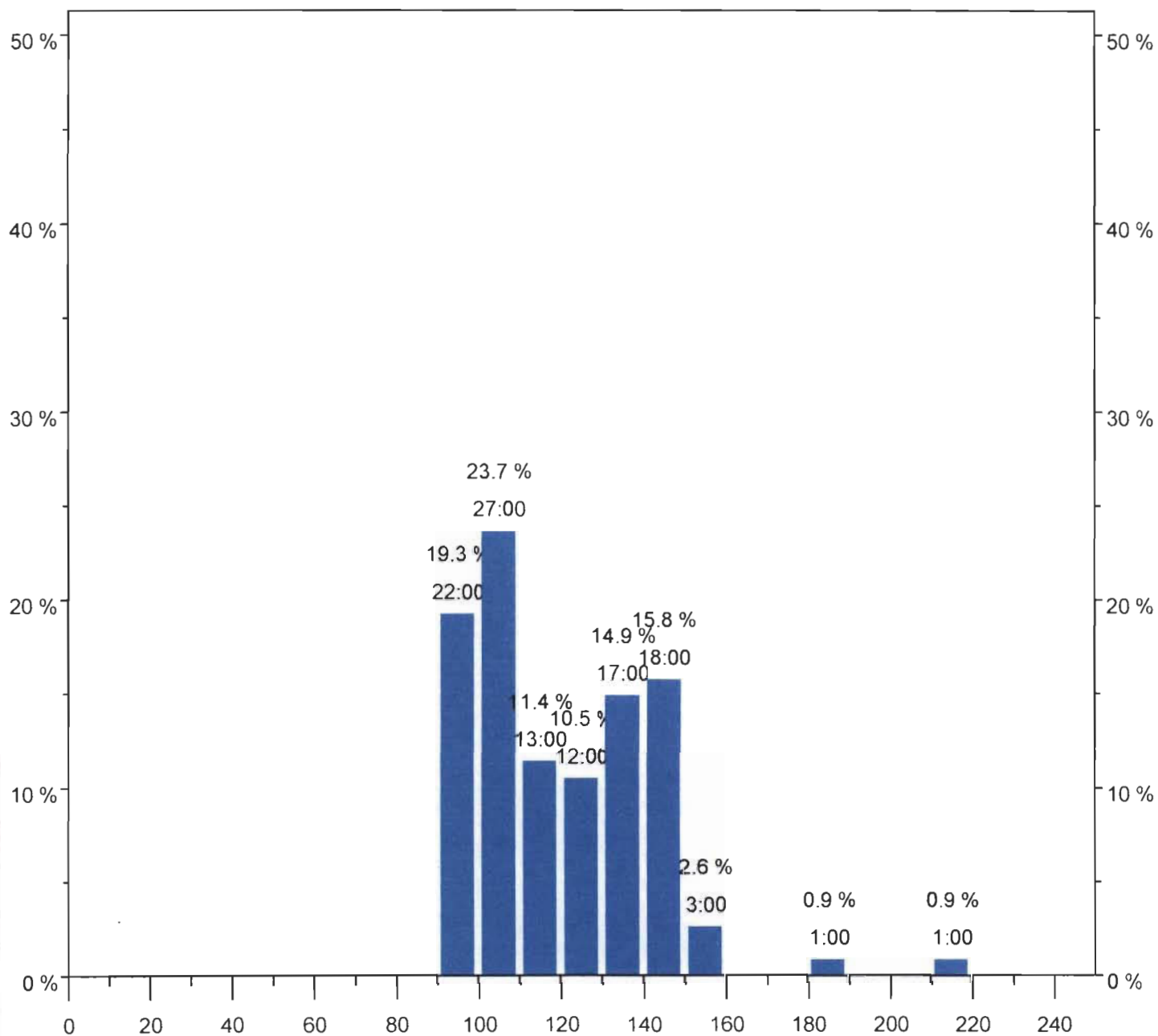


Person	Sujet 9	Date	8/15/03
Exercise		Time	3:01:16 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 4:25:00 (4:25:00.0)	SD 2	0.0 ms



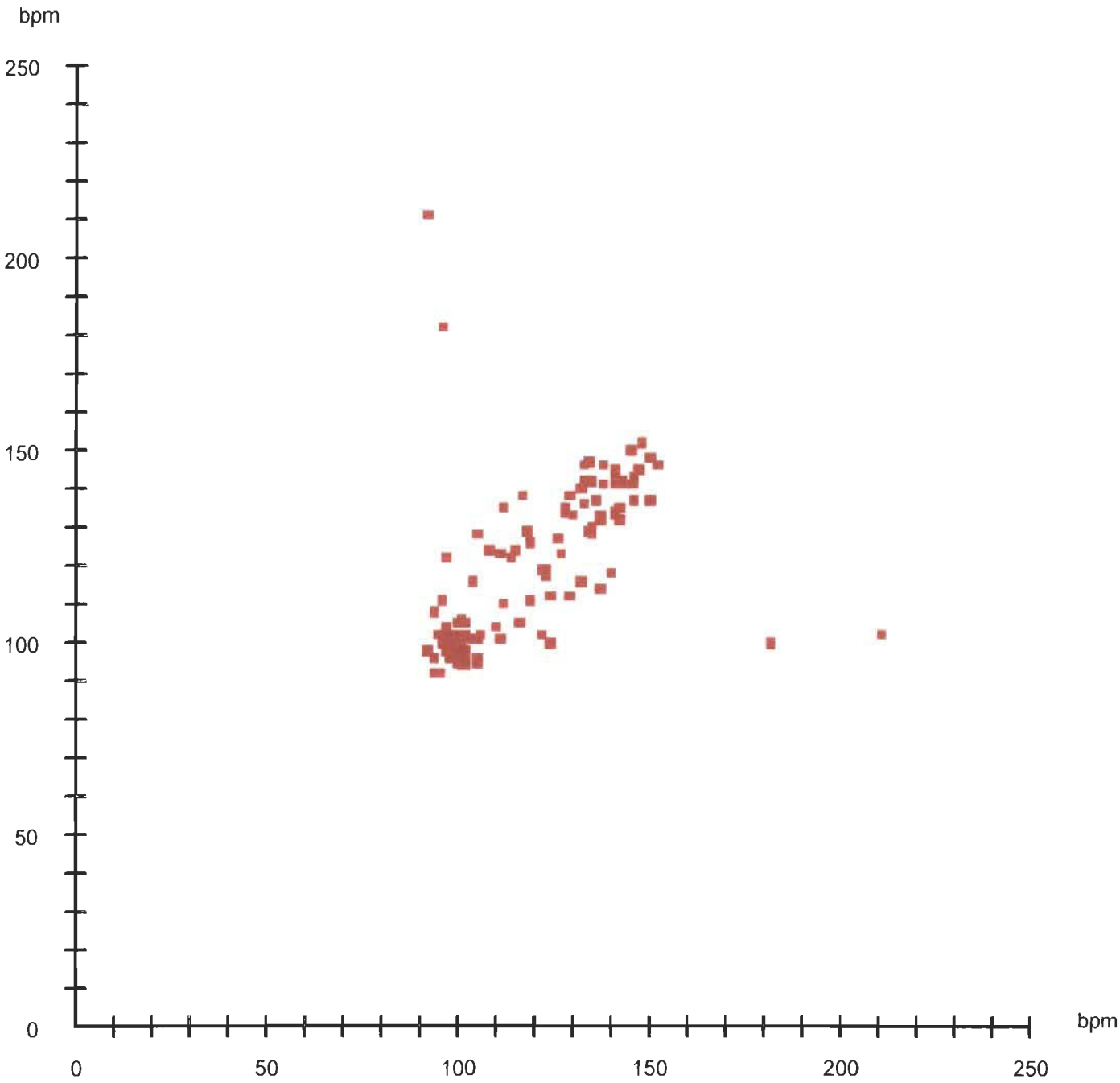
Person	Sujet 9	Date	8/15/03	Heart rate	119 / 211	Limits 1	55 - 200
Exercise		Time	9:54:37 AM	Max. HR	200	Limits 2	55 - 200
Sport	Running	Duration	1:53:35.9				
Note				Selection	0:00:00 - 1:53:00 (1:53:00.0)		

Distribution



Person	Sujet 9	Date	8//5/03	Heart rate	119 / 211	Limits 1	55 - 200
Exercise		Time	9:54:37 AM	Max. HR	200	Limits 2	55 - 200
Sport	Running	Duration	1:53:35.9				
Note				Selection	0:00:00 - 1:53:00 (1:53:00.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 9	Date	8/15/03
Exercise		Time	9:54:37 AM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 1:53:00 (1:53:00.0)	SD 2	0.0 ms

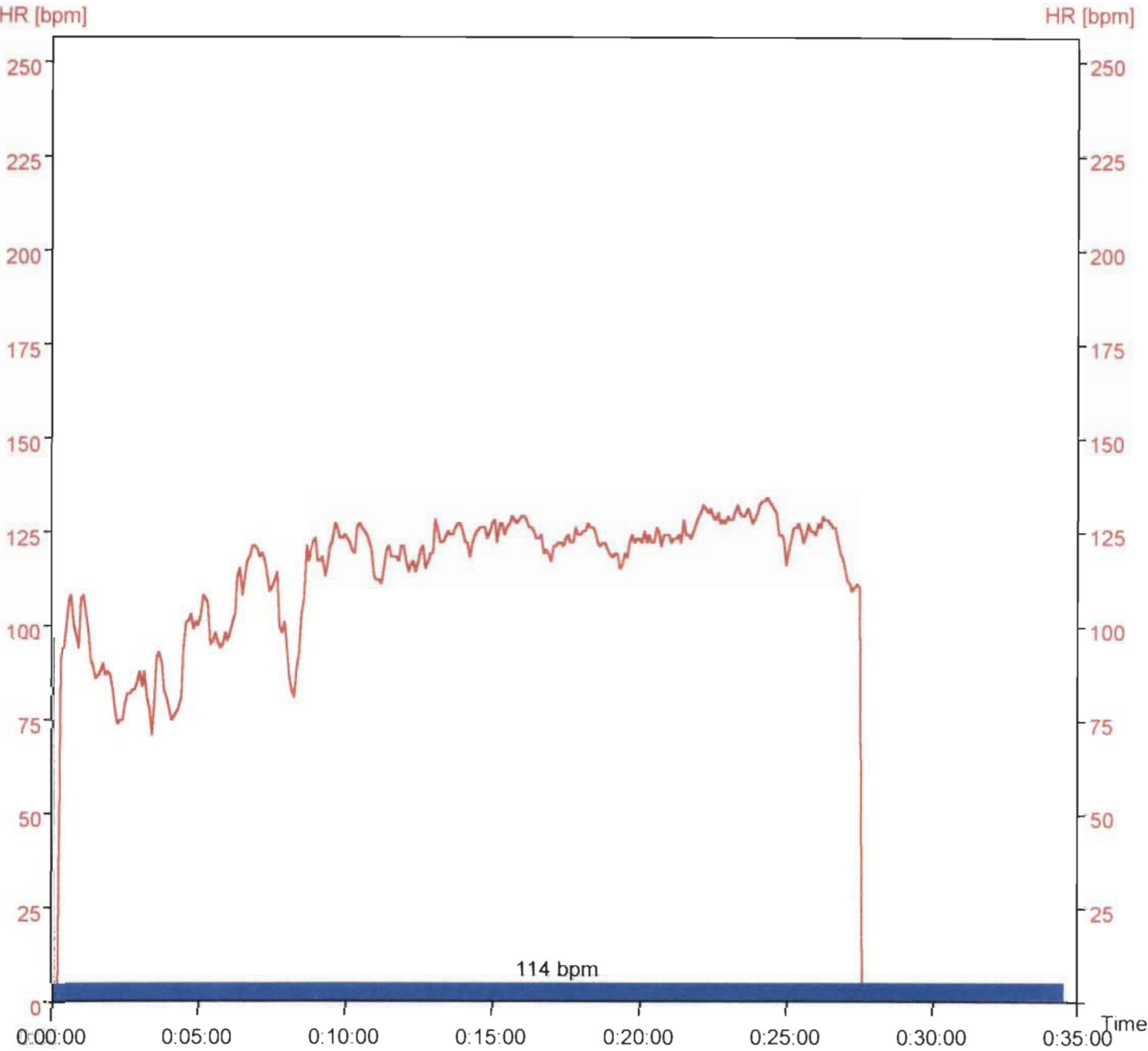
Sujet 9

DATE:17 août 2003

[illegible]

Commentaires: Fumeur
(fumeur, malaise, maladie)

Curve

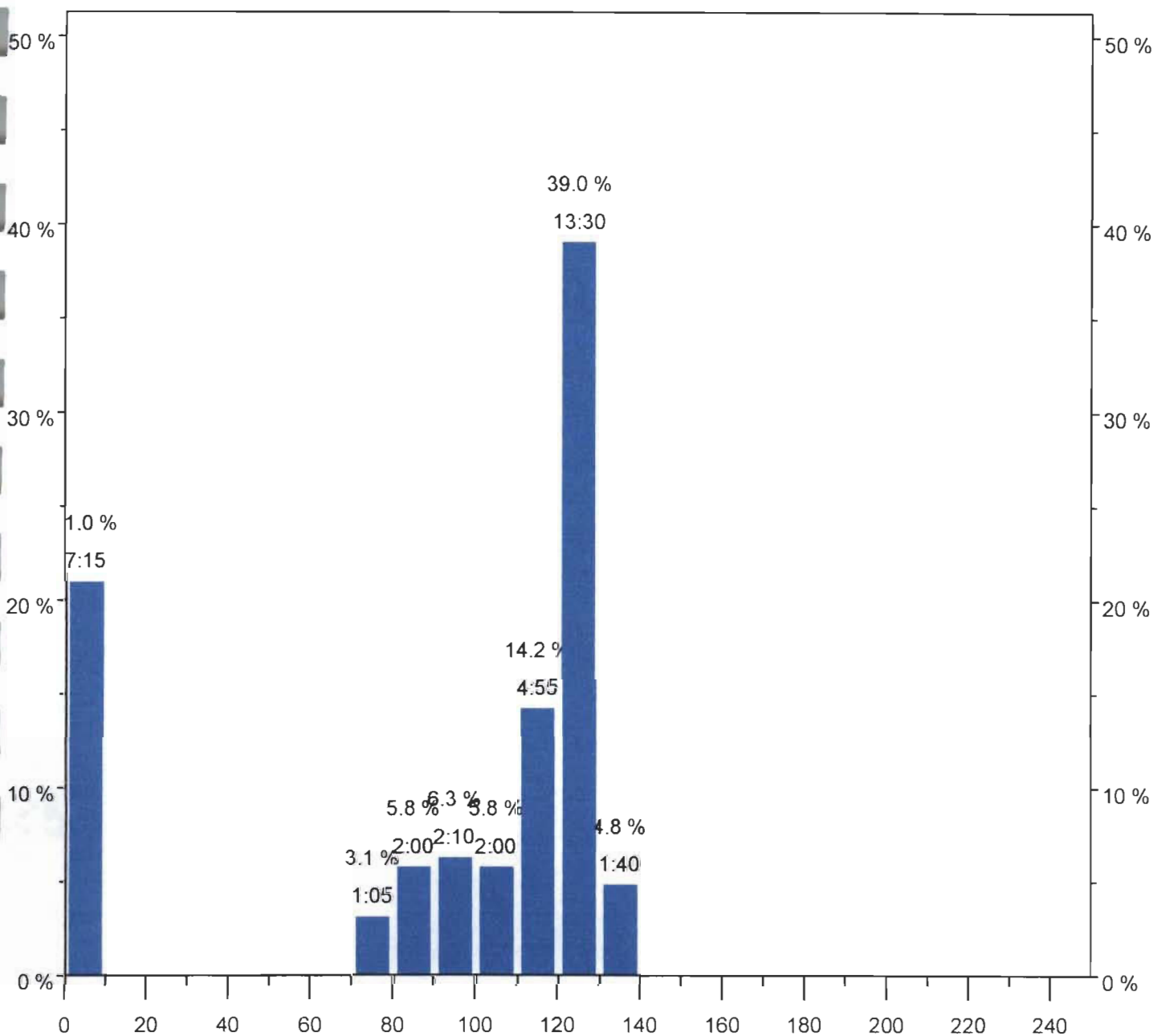


Time: 0:00:00

HR: 0 bpm

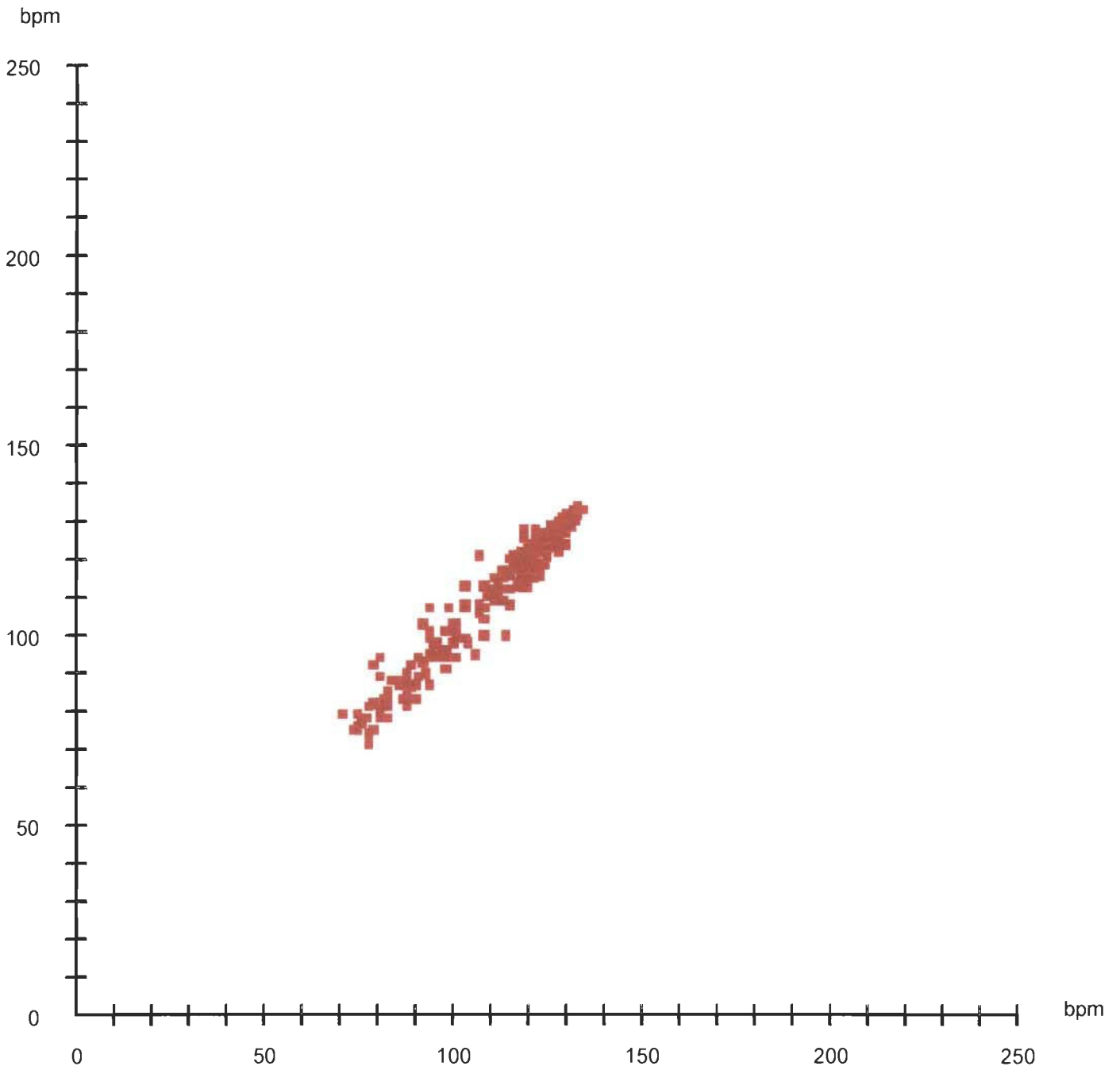
Person	Sujet 9	Date	8/17/03	Heart rate	114 / 134	Limits 1	60 - 198
Exercise		Time	3:24:06 PM	Max. HR	200	Limits 2	60 - 198
Sport	Running	Duration	0:34:34.2				
Note				Selection	0:00:00 - 0:34:30 (0:34:30.0)		

Distribution



Person	Sujet 9	Date	8/17/03	Heart rate	114 / 134	Limits 1	60 - 198
Exercise		Time	3:24:06 PM	Max. HR	200	Limits 2	60 - 198
Sport	Running	Duration	0:34:34.2				
Note				Selection	0:00:00 - 0:34:30 (0:34:30.0)		

Scatterogram



Person	Sujet 9	Date	8/17/03
Exercise		Time	3:24:06 PM
Note		SD 1	0.0 ms
Selection	0:00:00 - 0:34:30 (0:34:30.0)	SD 2	0.0 ms